

# Glazialmorphologische Untersuchungen zwischen Töss und Thur

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Philosophischen Doktorwürde

vorgelegt

der Philosophischen Fakultät II der Universität Zürich

---

von

ULRICH J. KÄSER

von Kleindietwil (Kt. Bern) und Meggen (Kt. Luzern)

Begutachtet von Herrn Prof. Dr. G. Furrer

Zürich 1980

---



Digitized by the Internet Archive  
in 2026

[https://archive.org/details/IA41507213\\_0060](https://archive.org/details/IA41507213_0060)

# **Glazialmorphologische Untersuchungen zwischen Töss und Thur**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Philosophischen Doktorwürde

vorgelegt

der Philosophischen Fakultät II der Universität Zürich

von

ULRICH J. KÄSER

von Kleindietwil (Kt. Bern) und Meggen (Kt. Luzern)

Begutachtet von Herrn Prof. Dr. G. Furrer

Zürich 1980



Druck: Juris Druck + Verlag Zürich  
ISBN 3 260 04777 8

## VORWORT

Auf Anregung von Herrn Prof. Dr. G. Furrer begann ich 1973 mit geomorphologischen Untersuchungen im Gebiet zwischen Töss und Thur. Aus der 1975 beendeten Diplomarbeit resultierten die Grundlagen und Erfahrungen für das von 1975 bis 1979 bearbeitete Dissertationsthema, wobei sich das Schwergewicht der Arbeit ins Tösstal verlagerte. Hier konnten neue Erkenntnisse zur Genese der pleistozänen Ablagerungen gewonnen werden. Einen weiteren Schwerpunkt bilden die Untersuchungen über die postglazialen Umlagerungen im Neftenbacher-Schotterfeld.

Die Leitung der Arbeit lag in den Händen von Herrn Prof. Dr. G. Furrer, dem ich an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank ausspreche. Mit aufmunternden Worten verstand er es immer wieder, den Glauben an die Lösbarkeit der Probleme wachzuhalten. Ich danke ihm auch für die grosse Freiheit, die er mir bei der Wahl der Schwerpunkte liess. Er war es auch, der mir überaus wertvolle Kontakte mit Fachleuten anbahnte.

Durch Herrn Prof. Dr. G. Furrer lernte ich auch Herrn Dr. Ch. Schlüchter kennen, der mich anlässlich mehrerer Exkursionen auf Probleme aufmerksam machte und dank seines profunden Wissens als Quartärgeologe auch Lösungsmöglichkeiten nennen konnte. Herr Dr. Schlüchter hat zudem mein Manuskript sorgfältig und kritisch durchgelesen. Seine sehr präzise, stets wohlwollende Kritik hat viel zum Gelingen der Arbeit beigetragen. Für seine immense Arbeit danke ich ihm ganz besonders herzlich.

Unschätzbare Dienste hat mir auch mein Studienkollege Dr. W.A. Keller geleistet. Er kennt mein Arbeitsgebiet gut. Diskussionen mit ihm waren deshalb stets besonders fruchtbar. Er war es auch, der mich in neue Arbeitsmethoden einführte und mit einer Aus-

nahme sämtliche 14C-Proben datierte. Ihm gebührt mein herzlichster Dank.

Herr Dr. H. Turner bestimmte mir eine grosse Anzahl von Gastropodenschalen und interpretierte deren Aussage in paläoklimatischer und paläoökologischer Hinsicht. Herr PD Dr. F.H. Schweingruber bestimmte mir die subfossilen Holzreste. Ihnen beiden spreche ich meinen besten Dank aus.

Herrn Dr. G. Styger bin ich für sein reges Interesse an meiner Arbeit, seine fachkundigen Ratschläge und das Ueberlassen von geologischen Unterlagen zu besonderem Dank verpflichtet.

Die Herren Prof. Dr. H. Jäckli, Dr. P.A. Haldimann und Ingenieur B. Kuhn gewährten mir Einblick in geologische Expertisen. Ich danke ihnen dafür bestens.

Herrn Prof. Dr. H. Haefner danke ich für die Vermittlung von Luftbildern.

Meinen besten Dank spreche ich den Herren Prof. Dr. A. Leemann und Dr. M. Steffen für ihr reges Interesse an meiner Arbeit und die wertvollen Denkanstösse aus.

Zu Dank verpflichtet bin ich ferner allen, die mir bereitwillig Auskunft gaben und mir bei der Lösung wissenschaftlicher und technischer Probleme halfen.

Namentlich danke ich: A. Baumann, Dr. G. Bazzigher, Kieswerk Briner, Dr. G. Dorigo, Dr. P. Fitze, U. Geiser, J. Gutknecht, Fam. W. Gutknecht, Dr. D.-C. Hartmann-Brenner, Dr. F. Hofmann, Dr. O. Keller, W. Kyburz, U. Knecht, Ing. E. Krayss und Dr. G. Schwarz-Oberholzer.

Meiner Frau, meiner Schwester K. Straub und meinem Schwager J. Straub danke ich für die Durchsicht der Reinschrift.

In tiefer Schuld stehe ich bei meinen Eltern und meinen Kindern, ganz besonders aber bei meiner Frau. Sie alle haben zum Gelingen der Arbeit beigetragen, sei es durch aktive Mitarbeit oder aufmunternde Anteilnahme, Geduld und Verständnis.

Ihnen sei diese Arbeit gewidmet.

## INHALTSVERZEICHNIS

|                                                                    | Seite |
|--------------------------------------------------------------------|-------|
| A. EINLEITUNG                                                      | 8     |
| 1. Problemstellung                                                 | 8     |
| 2. Wichtige vorangegangene Arbeiten                                | 9     |
| 3. Ueberblick über das Arbeitsgebiet                               | 12    |
| 3.1. Abgrenzung des Arbeitsgebietes                                | 12    |
| 3.2. Geologischer Ueberblick                                       | 13    |
| 4. Arbeitsmethoden                                                 | 15    |
| 4.1. Geröllpetrographische Untersuchungen                          | 15    |
| 4.1.1. Vergleich der Werte aus dem Rafzerfeld mit den vorliegenden | 17    |
| 4.2. Geröllmorphometrische Untersuchungen                          | 21    |
| 4.2.1. Darstellung der Zi- und Ai-Werte                            | 21    |
| B. BESPRECHUNG DER TEILGEBIETE                                     | 26    |
| 1. Das Kerngebiet                                                  | 26    |
| 1.1. Das Embracher-Schotterfeld                                    | 26    |
| 1.1.1. Die Kiesgruben bei Embrach                                  | 26    |
| 1.1.2. Die Kiesgruben bei Lufingen                                 | 38    |
| 1.1.3. Der Aufschluss bei Kohlschwärze                             | 40    |
| 1.1.4. Rekonstruktion der Genese des Embracher-Schotterfeldes      | 42    |
| 1.2. Die Stelzen - Terrasse                                        | 48    |
| 1.2.1. Die Befunde                                                 | 48    |
| 1.2.2. Interpretation                                              | 48    |
| 1.3. Das Tal zwischen Dättlikon und Freienstein                    | 52    |
| 1.4. Das Tösstal bei Pfungen                                       | 54    |
| 1.4.1. Die Kiesgrube Rietli                                        | 54    |
| 1.4.2. Die Kiesgrube Briner                                        | 57    |
| 1.4.3. Kiesausbeutung in der untersten Tössallmend                 | 62    |
| 1.4.4. Die Lehmgrube Bruni                                         | 63    |
| 1.4.5. Verbreitung der "Pfunger-Schicht"                           | 64    |

|                                                                       | Seite |
|-----------------------------------------------------------------------|-------|
| 1.5. Landschaftsgeschichtliche Folgerungen im Kerngebiet              | 70    |
| 1.5.1. Geomorphologie                                                 | 70    |
| 1.5.2. Lithostratigraphie                                             | 70    |
| 1.5.3. Genese des Untersuchungsgebietes                               | 75    |
| 1.5.4. Chronostratigraphie                                            | 80    |
| 2. Das restliche Untersuchungsgebiet                                  | 83    |
| 2.1. Das Irchelgebiet                                                 | 83    |
| 2.1.1. Die Maximallage des letzteiszeitlichen Gletschers              | 83    |
| 2.1.2. Die Schotterfelder zwischen Dorf, Volken und Berg              | 84    |
| 2.2. Die Moränenlandschaft östlich des Irchels                        | 85    |
| 2.2.1. Die Kiesgrube bei Henggart                                     | 85    |
| 2.2.2. Die "Rosenbergschotter" bei Veltheim                           | 92    |
| 2.2.3. Seebodenlehm bei Neftenbach                                    | 94    |
| 2.3. Das Gebiet südlich Winterthur                                    | 95    |
| 2.3.1. Kiesgrube Chüferbuck                                           | 96    |
| 2.3.2. Kiesgrube Langenberg                                           | 98    |
| 2.3.3. Gedanken zur Genese der "Eschenbergschotter"                   | 98    |
| 2.3.4. Aufschlüsse im Gebiet zwischen Seen und Kollbrunn              | 99    |
| C. DIE AUSDEHNUNG DES LETZTEISZEITLICHEN RHEIN-THUR-GLETSCHERS        | 101   |
| D. POSTGLAZIALE UMGESTALTUNG DER LANDSCHAFT                           | 109   |
| 1. Nacheiszeitliche Schotterumlagerungen im Neftenbacher-Schotterfeld | 109   |
| 1.1. Die topographischen und geologischen Verhältnisse                | 109   |
| 1.2. Hydrologische Verhältnisse                                       | 109   |
| 1.3. Niederschlagswerte                                               | 110   |
| 1.4. Interessante Aufschlüsse                                         | 113   |
| 1.4.1. Aesch                                                          | 113   |
| 1.4.2. Riet                                                           | 117   |
| 1.4.3. Seuzach                                                        | 118   |
| 1.5. Zusammenfassung der Befunde                                      | 119   |

|                                               | Seite |
|-----------------------------------------------|-------|
| 1.6. Interpretation                           | 119   |
| 1.7. Zusammenfassung                          | 121   |
| 2. Holozäne Umgestaltung des Tösstales        | 122   |
| 2.1. Der Talboden                             | 122   |
| 2.2. Die Steilhänge                           | 124   |
| E. ZUSAMMENFASSUNG DER WICHTIGSTEN ERGEBNISSE | 126   |
| F. ANHANG                                     | 128   |
| 1. Literaturverzeichnis                       | 128   |
| 2. Kartenverzeichnis                          | 135   |

## A. EINLEITUNG

### 1. Problemstellung

Während das Ziel der Diplomarbeit eine detaillierte geomorphologische Kartenaufnahme war, so soll die vorliegende Arbeit vor allem Auskunft über die Morphogenese des Untersuchungsgebietes geben.

Drei Problemkreise lassen sich unterscheiden:

- a) Wie weit stiess der letzteiszeitliche Rhein-Thur-Gletscher maximal vor?

Zur Beantwortung dieser Frage waren folgende Abklärungen notwendig:

- Lässt sich der aufgeschlossene Teil des Embracher-Schotterfeldes stratigraphisch gliedern?
- Wie weit stiess der Rhein-Thur-Gletscher ins Tösstal vor?
- Sind verschiedene Vorstösse des letzteiszeitlichen Rhein-Thur-Gletschers zu beobachten?

- b) Lässt sich im Arbeitsgebiet die letzteiszeitliche Eisausdehnung während verschiedener Rückzugsstadien bestimmen?

- c) Wie verlief die postglaziale morphogenetische Umgestaltung des Arbeitsgebietes?

## 2. Wichtige vorangegangene Arbeiten

H. Walser, 1896: Walser nimmt Veränderungen der Erdoberfläche im Umkreis des Kantons Zürich seit der Mitte des 17. Jahrhunderts auf. Im Untersuchungsgebiet betrifft dies v.a. das Verschwinden mehrerer stehender Gewässer.

J. Fröh, 1896: Er behandelt die Drumlinlandschaften des alpinen Vorlandes, im besonderen auch diejenige westlich von Seuzach.

J. Hug, 1907/09: Hug ist der erste, der eine detaillierte Bearbeitung des nördlichen Kantons Zürich vornimmt und die wesentlichen Grundlagen für die späteren Arbeiten legt. Er gibt mögliche Maximallagen des Würmgletschers im Tösstal und am Irchel an und vertritt die Meinung, der Eisstrom des Tösstales entstamme dem Rheingletscher. Er trennt zwei Niederterrassenniveaus.

L. Bendel, 1923: Er stuft die Ablagerungen der Molasse und der Eiszeiten am Irchel und dessen Umgebung zeitlich ein. Die Endmoränen des Würmgletschers vermutet er an der Tössegg.

J. Weber, 1924: Weber beschränkt sich auf die Umgebung von Winterthur und behandelt die Ablagerungen des Tertiärs und Quartärs in seinen Erläuterungen zur Spezialkarte Nr. 107. Er unterscheidet Riss- und Würmablagerungen und sieht die Maximalausdehnung des Würmgletschers am Irchel tiefer als Hug. Den Pfungener-Lehm bezeichnet Weber als die abgesetzte Trübe der Gletschermilch in einen beim Blindensteg (Dättlikon) gestauten See. Als "würmisch" stuft er die Schotter des Neftenbacher- und Winterthurer-Schotterfeldes ein, die unterhalb Hard nach der Würmeiszeit in verschiedene Terrassen zerschnitten wurden. Die höher liegenden Schotter am Eschenberg, bei Veltheim und Iberg bezeichnet er als risszeitlich.

A. Weber, 1928: Weber befasst sich intensiv mit der Einordnung der Schotterterrassen. Seiner Ansicht nach gibt es im unteren Tösstal keine Schotter mehr, die den Hochterrassenschottern von der Tösmündung bis Eglisau entsprechen. Er unterscheidet im unteren Tösstal fünf Terrassenniveaus (Rückzugsterrassen) unterhalb der Niederterrassenoberfläche. Diese korreliert er mit den von Penck, Hug und Schalch im Rheintal ausgeschiedenen.

E. Hess, 1934/44/56: Hess hält geologische Beobachtungen aus dem

Gebiet Winterthurs und seiner näheren Umgebung fest.

E. Geiger, 1930/48/61: Er untersucht den Geröllbestand im Rheingletscherbereich und zieht daraus Rückschlüsse auf das Alter der Ablagerungen.

U. P. Büchi, 1958: Er bearbeitet die Geologie der Oberen Süsswassermolasse zwischen dem Töss- und Glattal. Büchi erkennt eine Hauptflexur bei Embrach, deren beide Aeste über Neftenbach Richtung Andelfingen einerseits und Richtung Thurtal andererseits streichen.

H. Jäckli, 1958: Jäckli untersucht im Zusammenhang mit dem Bau der Weinlandbrücke die Geologie der Umgebung Andelfingens.

R. Hantke, 1960: Er äussert sich zu den Schottervorkommen im oberen Tösstal und gibt Höhenangaben für die maximale Eislage während der Riss- und Würmeiszeit im Grenzbereich von Linth- und Rheingletscher. Als Würm-Maximalstand im Tösstal nennt er eine nicht näher bezeichnete Stelle unterhalb Pfungen.

H. Graul, 1962: In seinen "Geomorphologischen Studien zum Jungquartär des nördlichen Alpenvorlandes" korreliert er bei Andelfingen die Wallmoränen nördlich der Thur mit jenen südlich davon. Er äussert sich auch zur Entstehung des Schotterfeldes zwischen Dorf und Volken. Die Henggarter Rinne stellt er dem Oberneunforner Tal, die Niederwiler Rinne Tannholz und Heidi bei Ossingen gegenüber. Graul erkennt bei Andelfingen insgesamt drei Moränenzüge.

H. Jäckli, 1962: Er befasst sich mit der Vergletscherung der Schweiz im Würmmaximum und stellt die Ergebnisse in einer Karte dar.

M. Steffen, 1964: Steffen behandelt die Quartärgeologie des Winterthurer Tales. Er wertet die Ergebnisse von Bohrungen aus und gelangt dadurch zu wichtigen Erkenntnissen über den Aufbau der Talfüllung. Steffen äussert sich auch zur Entstehung der Pfungener Schicht und der Talgenese im allgemeinen.

R. Hantke und Mitarbeiter, 1967: Sie veröffentlichen eine zusammenfassende kartographische Darstellung der Geologie des Kantons Zürich und seiner Nachbargebiete. Diese vermittelt eine wertvolle Uebersicht über die Ablagerungen im Untersuchungsgebiet.

F. Hofmann, 1967: Er untersucht die geologischen Verhältnisse im Gebiet des Kartenblattes 1052 (Andelfingen) der Schweizerischen Landeskarte. Die detaillierte Kartierung wird durch Erläuterungen ergänzt. (Geologischer Atlas der Schweiz, Blatt 52)

L. Ellenberg, 1972: In seiner Dissertation untersucht er die Morphogenese der Rhein- und Tössregion. Er kartiert die Relief-formen und interpretiert sie. Daneben datiert und erklärt er den Rheindurchbruch bei Rüdlingen und findet Indizien für eine Zweiphasigkeit der letzten Eiszeit (Würm).

W.A. Keller, 1977: Diese Arbeit steht in engem Zusammenhang mit der vorliegenden. Die Problemstellung ist ähnlich. Das Rafzerfeld bildet die Kernzone des Arbeitsgebietes von Keller, das im übrigen vom Irchel bis Andelfingen an unseres grenzt.

Mit Hilfe einer Reihe von Bohrungen, geoelektrischen und seismischen Daten kann er eine Karte der Felsoberfläche der Molasse rekonstruieren.

Er belegt mit geröllpetrographischen und -morphometrischen Methoden eine Gliederung der Lockergesteine im Rafzerfeld in mindestens vier verschiedene Schotterkörper.

Im Zusammenhang mit der litho- und chronostratigraphischen Gliederung der Sedimente erhält er Anhaltspunkte für eine zeitliche Einstufung des Rheindurchbruches bei Rüdlingen.

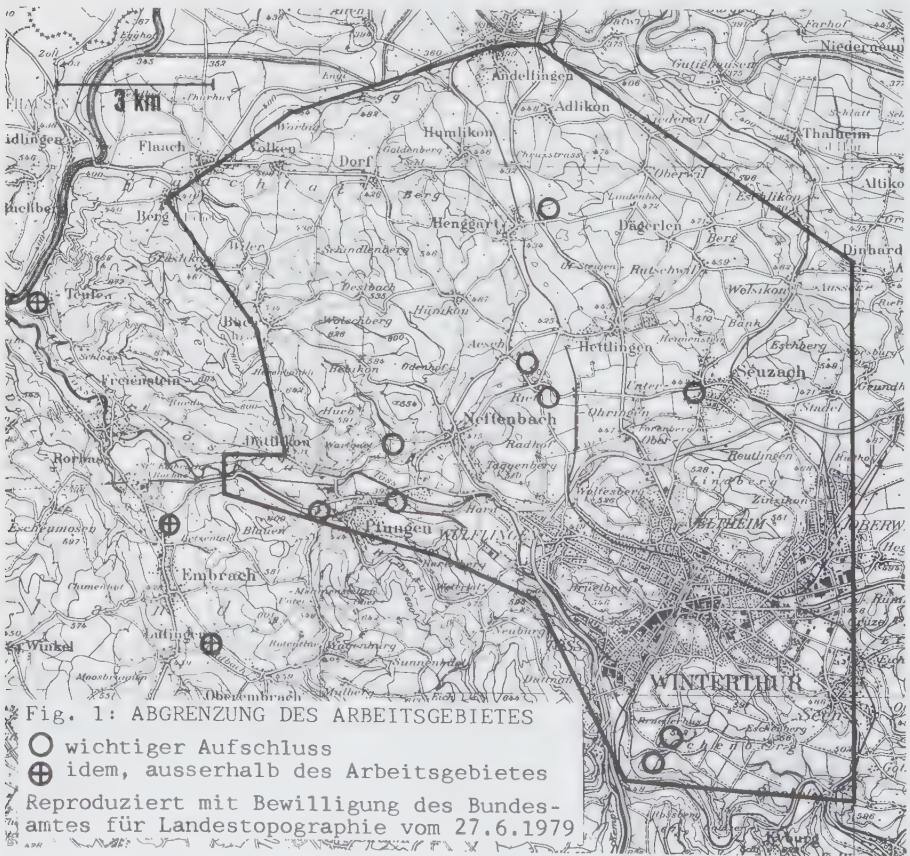
C. Schindler et al., 1978: Er untersucht die quartären Ablagerungen bei Aadorf. Dadurch gelangt er unter anderem auch zu Erkenntnissen über die Ausdehnung des Würmgletschers im Gebiet östlich Winterthur.

### 3. Ueberblick über das Arbeitsgebiet

#### 3.1. Abgrenzung des Arbeitsgebietes

Die Koordinate 700'000 begrenzt das Arbeitsgebiet gegen Osten, das Thurtal von Altikon über Andelfingen bis Flaach dasselbe gegen Norden. Am Irchel folgt die Grenze den Ortschaften: Berg, Gräslikon, Buch, Dättlikon. Die Grenze verläuft sodann der linken Seite des Tösstales entlang bis Kollbrunn, wo die östliche Begrenzung erreicht wird. Als eigentliches Kerngebiet kristallisierte sich das Tösstal heraus.

Im Gebiet des Embracher-Schotterfeldes und des untersten Tösstales wurden einige, ausserhalb des Arbeitsgebietes liegende Aufschlüsse in die Untersuchungen einbezogen (vgl. Kap. B.1., p.26).



### 3.2. Geologischer Ueberblick

Im Untersuchungsgebiet treten an der Oberfläche nur die Ablagerungen zweier geologischer Formationen auf: solche aus dem Tertiär und dem Quartär.

Während im östlichen Teil des Arbeitsgebietes die pleistozänen und holozänen Ablagerungen stark überwiegen, tritt im westlichen Teil die Molasse an den Abhängen und in den Erosionskerben zutage. Beim überwiegenden Teil handelt es sich dabei um Sandsteine und Mergel der Oberen Süßwassermolasse. In den tieferen Lagen um den Irchel herum erscheinen Sandsteine der Oberen Meeresmolasse, und nur gerade zwischen Flaach und Tössegg ist infolge der kräftigen Erosion durch den Rhein die Untere Süßwassermolasse aufgeschlossen. (vgl. Fig. 2)

Die Molassetektonik im Arbeitsgebiet wurde verschiedentlich untersucht. U. P. Büchi, 1958, beschreibt eine Antiklinale (Streichrichtung SW-NE) über den Irchel hinweg und parallel dazu eine Synklinale im Gebiet der Tössegg. Zwei Störungen ziehen in das Untersuchungsgebiet hinein:

- die Flexur nördlich Brütten,
- die Hauptflexur von Embrach, die gegen Pfungen/Neftenbach zieht, sich dort aufspaltet und einerseits Richtung Hegau, andererseits Richtung Thurtal verfolgbar ist.

Bis jetzt konnten keine Bewegungen quartären Alters entlang dieser Störungen beobachtet werden.

Die pleistozänen Ablagerungen, die Deckenschotter auf dem Irchel ausgenommen, werden von Hantke, 1967, und anderen ausnahmslos der letzten Eiszeit zugeordnet. Im Bereich der höchsten Erhebungen und an den Abhängen fehlen sie oder sind geringmächtig. Besonders gut ausgebildete Wallmoränen findet man im nordöstlichen, ausgedehnte Schotterebenen im südlichen Teil des Arbeitsgebietes.

Holozäne Sedimente liegen als Hangfussakkumulationen, Schwemmflächen, Auelehme, Weiherverlandungen, Torfbildungen etc. vor.

Legende:

AN = Grossandelfingen  
 BR = Brütten  
 BU = Buch am Irchel  
 DO = Dorf  
 EM = Embrach  
 FL = Flaach  
 FR = Freienstein  
 HE = Henggart  
 HT = Hettlingen  
 NE = Neftenbach  
 OE = Oberembrach  
 OW = Oberwinterthur  
 PF = Pfungen  
 RÜ = Rüdlingen  
 SE = Seuzach  
 SN = Seen  
 WI = Winterthur  
 WÜ = Wülflingen

Quartär  
 Tertiär



#### 4. Arbeitsmethoden

Wie schon erwähnt, steht diese Arbeit in engem Zusammenhang mit jener von W. A. Keller, 1977. Um möglichst vergleichbare Resultate zu erlangen, wurden ähnliche oder gleiche Arbeitsmethoden angewandt. Neben der Aufnahme einer detaillierten geomorphologischen Karte und verschiedenen Datierungsversuchen gilt dies besonders für die Geröllanalysen.

##### 4.1. Geröllpetrographische Untersuchungen

Im Zusammenhang mit geologischen und geomorphologischen Arbeiten sind wiederholt geröllpetrographische Untersuchungen ausgeführt worden, so in den Arbeiten von M. Steffen, 1964, und L. Ellenberg, 1972. Wesentlich umfangreicher bezüglich dieser Fragestellung sind die Arbeiten von R. Frei, 1912, und E. Geiger, 1948/61. E. Geiger untersucht Schottervorkommen im gesamten Akkumulationsgebiet des Rheingletschers, erkennt Unterschiede zwischen verschiedenen alten Schottern und ordnet diese verschiedenen Eiszeiten zu. Er betont die Wichtigkeit einer zufälligen Probenzusammensetzung und einer minimalen Grösse der Probe. Ausserdem dürfe man nicht Gerölle sehr unterschiedlicher Grössenklassen untereinander vergleichen.

In Anlehnung an E. Geiger, 1948/61, und W. A. Keller, 1977, wurden in der vorliegenden Arbeit jeweils Proben mit 300 bis 600 Geröllen ausgewertet. Die Entnahme erfolgte als Stichprobe aus einer bestimmten stratigraphischen Einheit. Ausgewertet wurden nur Gerölle von 2 bis 7cm grösster Länge.

Wie bei W. A. Keller, 1977, erfolgte eine Aufteilung der Proben in drei Gruppen: A = Alpenkalk

F = Flyschmaterial

K = Kristallin und anderes

Molassematerial lokaler Herkunft wurde nicht berücksichtigt.

Die Gruppen A und F umfassen um die 90% aller Gerölle, wobei F leicht überwiegt. Der Versuch einer weiteren Aufgliederung von A und F führte zu keinem Resultat. Die Aufteilung der Gruppe K in die untenstehenden Teilgruppen ergab aber zum Teil recht deutliche Resultate, die bei der Besprechung der Teilgebiete genannt und interpretiert werden.

# Aufteilung der Gruppe K:

|                      |   |                                                               |
|----------------------|---|---------------------------------------------------------------|
| Taveyannaz-Sandstein | } | aus dem Einzugsgebiet des Linthgletschers<br>(Lintherratikum) |
| Sernifit             |   |                                                               |
| Spilit               |   |                                                               |
| Gneis s.l.           | } | aus dem Einzugsgebiet des Rheingletschers<br>(Rheinerratikum) |
| Radiolarit           |   |                                                               |
| Ilanzer Verrucano    |   |                                                               |
| Juliergranit         |   |                                                               |
| Rofnaporphyr         |   |                                                               |
| helle Granite        |   |                                                               |

Wie längst von verschiedenen Autoren erkannt, gibt es unter den aufgeführten Gesteinsarten keine einzige, die nur im einen oder im anderen Einzugsgebiet vorkommt. So erhält beispielsweise der Linthgletscher durch die Walenseetalung Zuschüsse vom Rheingletscher, der Rhein-Thur Gletscher über die Rickentransfluenz vom Linthgletscher. Zudem gibt es, wie M. Steffen, 1964, betont, rote Verrucanos in der Umgebung von Arosa, Taveyannaz-Sandstein aus dem Taminatal.

Ferner kann nicht ausgeschlossen werden, dass einzelne Gerölle (z.B. Radiolarite) aus der Nagelfluh aufgearbeitet wurden.

Einzelfunde sind also nicht typisch, das Vorherrschen der einen oder anderen Gruppe lässt aber doch, vorsichtig interpretiert, gewisse Aussagen zu. Dies zeigt auch die Arbeit von W.A. Keller, 1977. So ist es möglich, Sedimentkomplexe zu gliedern und Einflussdominanzen der Gletscher zu erkennen.

Ob signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Schotterproben bestehen oder nicht, konnte mit dem Chi-Quadrat-Test geprüft werden (W.J. Conover, 1971). Dies gilt hinsichtlich der Petrographie (Hier wurde eine geordnete Reihenfolge der Erratika einer Probe gleich 100% gesetzt und mit der entsprechend geordneten Erratika-Reihe der anderen Probe verglichen.) sowie hinsichtlich der Morphometrie (vgl. Kap. A.4.2.), wo sämtliche in Klassen geordneten Werte verglichen wurden. Beim Vergleich der geröllpetrographischen Werte war die Beschränkung auf die Erratika (Gruppe K) deshalb notwendig, weil in der Gesamtprobe der Flysch- und Kalk-Anteil zu sehr überwiegt (in 31 von 32 Proben über 90%). Daraus wird verständlich, dass darauf verzichtet wor-

den ist, bei jedem Probenvergleich Signifikanzwerte anzugeben, da diese ohnehin eine falsche Sicherheit vortäuschen würden (vgl. auch p. 16).

Als Beispiel seien hier die Auswertungen der Proben 1 und 2 (Henggart) sowie 31 und 32 (Tagelswangen) genannt (vgl. Fig. 4 und Tab. 1):

| Probennummer   | 1    | 2    | 31   | 32   | Gesamtheit<br>aller Gerölle<br>einer Probe<br>gleich 100% |
|----------------|------|------|------|------|-----------------------------------------------------------|
| Lintherratikum | 0%   | 0,2% | 6,8% | 3%   |                                                           |
| Rheinerratikum | 6,2% | 5,9% | 3,7% | 1,2% |                                                           |

Der Chi-Quadrat-Test ergab hier einen hoch signifikanten Unterschied zwischen der Probengruppe Henggart und der Gruppe Tagelswangen. Offenbar hat hier entweder der Rhein-Thur-Gletscher (Proben 1 und 2) oder der Linthgletscher (Proben 31 und 32) den jeweils dominierenden Erratika-Anteil geliefert.

Im Grenzbereich der beiden Gletscher, im südlichen Arbeitsgebiet, haben sich hingegen die Schmelzwasser teilweise sogar vermischt. Trotzdem scheint die Hauptmasse der Schotter im Tösstal zwischen Winterthur und Embrach aus dem Einzugsgebiet des Rhein-Thur-Gletschers zu stammen.

Wichtiger noch als die Zuweisung zum einen oder anderen Gletscher ist die Möglichkeit der Gliederung der Schotter durch deren petrographische Untersuchung.

Tabelle 1 enthält die Resultate sämtlicher Proben, während Figur 4 Auskunft über die Entnahmestellen gibt.

An dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass in den Grundmoränen-Proben der Anteil des Kristallins und des Sernifites leicht grösser ist als in den Schotterproben. Der Grund mag in der teilweise geringen Transportresistenz der Gneise und Sernifite in fliessendem Wasser liegen.

#### 4.1.1. Vergleich der Werte aus dem Rafzerfeld mit den vorliegenden

Ein Vergleich unserer geröllpetrographischen Werte mit den von W.A. Keller, 1977, aus dem Gebiet des Rafzerfeldes publizierten, zeigt:

- dass der Gesamtanteil der Gruppe K (Linth- und Rheinerratikum) im Rafzerfeld im Mittel höher ist,
- in der Mehrzahl der Proben aus unserem Arbeitsgebiet wie aus

dem Rafzerfeld das Rheinnerratikum überwiegt und

- dass im Rafzerfeld lediglich zwei Proben (von 13) einen hohen Anteil an Lintherratikum aufweisen, während dies in unserem Arbeitsgebiet immerhin bei einem Viertel der Proben der Fall ist.

Deutlich erkennt man den allgemein stärkeren Einfluss des Linthgletschers in unserem Gebiet. Das Rafzerfeld erhielt nur während eines bestimmten Zeitabschnittes (nach W.A. Keller, 1977, zur Zeit des ersten Eisvorstosses der vorletzten Vergletscherung: Riss I) bedeutende Zuschüsse vom Linthgletscher.

Der noch höhere Anteil der Gruppen A und F in unserem Gebiet dürfte damit zu erklären sein, dass sowohl die linke Flanke des Rhein-Thur-Gletschers wie die rechte des Linthgletschers auf grossen Strecken den gleichen Gesteinsserien folgten.

Fig. 3:

PROZENTUALER

ANTEIL DES ERRATIKUMS

- Proben aus unserem Arbeitsgebiet (vgl. Tab. 1)
- Proben aus dem Rafzerfeld (nach W. A. Keller, 1977)

Gesamtheit aller Gerölle einer Probe gleich 100%

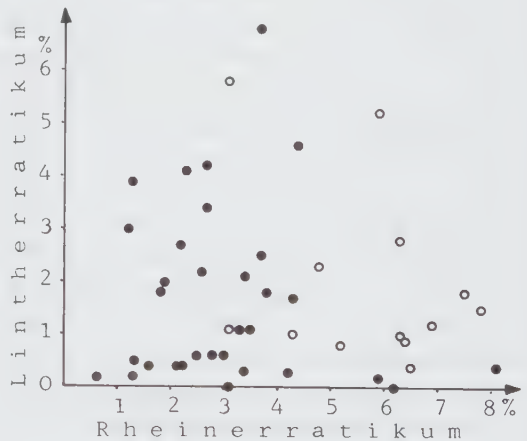
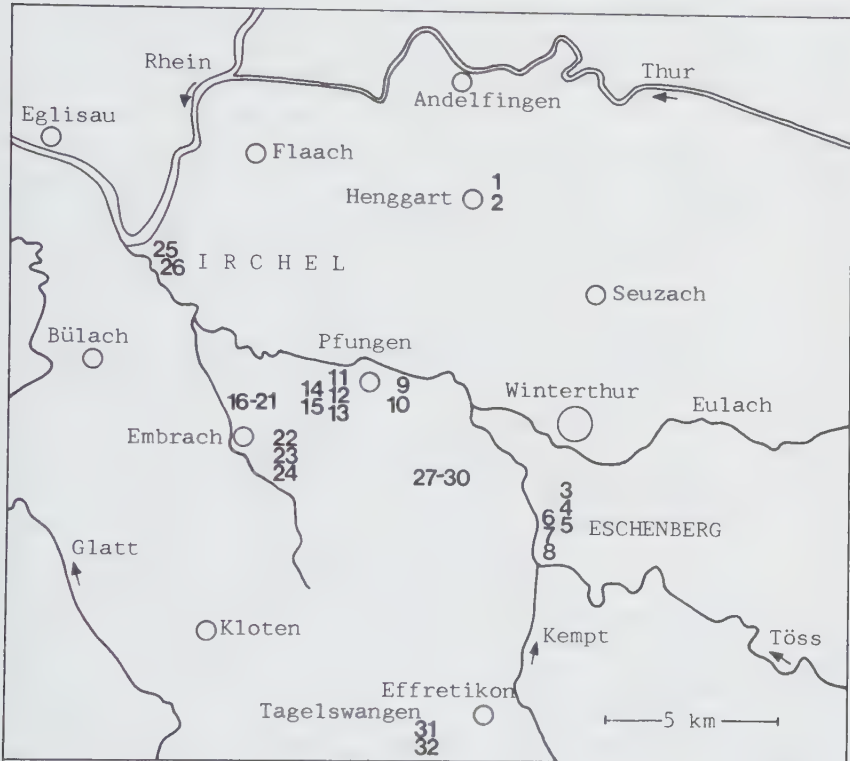


Fig. 4 : ENTNAHMESTELLEN DER PROBEN für die geröllpetrographischen und geröllmorphometrischen Untersuchungen



| Entnahmestellen der Proben: | Koordinaten:    | Proben-Nr. |
|-----------------------------|-----------------|------------|
| Henggart                    | 694'400/269'200 | 1, 2       |
| Chüferbuck, Eschenberg      | 696'550/259'150 | 3, 4, 5    |
| Langenberg, Eschenberg      | 696'250/258'800 | 6, 7, 8    |
| Bruni, Pfungen              | 691'400/263'650 | 9, 10      |
| Briner, Pfungen             | 690'100/263'350 | 11, 12, 13 |
| Rietli, Pfungen             | 689'750/263'300 | 14, 15     |
| Embrach                     | 687'150/263'200 | 16 bis 21  |
| Lufingen                    | 687'950/260'800 | 22, 23, 24 |
| Stelzen-Terrasse            | 684'750/267'250 | 25, 26     |
| Chomberg                    | 693'100/260'000 | 27 bis 30  |
| Tagelswangen                | 692'800/253'600 | 31, 32     |

(Zur vertikalen Abfolge der Proben im selben Aufschluss vgl. Tab.1)

Tab. 1: PROZENTUALE VERTEILUNG DES LINTH- UND RHEINERRATIKUMS

| Entnahme-<br>stellen d.<br>Proben | Proben-Nr. | Lintherratikum |                          |        |       | Rheinerratikum  |                   |                  |            |                   |                      | Total | Rest<br>(Kalk,<br>Flysch) |
|-----------------------------------|------------|----------------|--------------------------|--------|-------|-----------------|-------------------|------------------|------------|-------------------|----------------------|-------|---------------------------|
|                                   |            | Sernifit       | Tavayannaz-<br>Sandstein | Spilit | Total | Radio-<br>larit | Julier-<br>granit | heller<br>Granit | Gneis s.l. | Rofna-<br>porphyr | Ilanzer<br>Verrucano |       |                           |
| Henggart "Wall"                   | 1          | ---            | ---                      | ---    | ---   | ---             | ---               | ---              | 3.1        | ---               | 3.1                  | 6.2   | 93.8                      |
| Henggart Dach                     | 2          | 0.2            | ---                      | ---    | 0.2   | ---             | ---               | ---              | 4.7        | 0.5               | 0.7                  | 5.9   | 93.9                      |
| Chüferbuck Basis                  | 3          | ---            | ---                      | 0.5    | 0.5   | 1               | ---               | ---              | 0.3        | ---               | ---                  | 1.3   | 98.2                      |
| Chüferbuck Dach                   | 4          | ---            | ---                      | 0.2    | 0.2   | ---             | ---               | ---              | 0.6        | ---               | ---                  | 0.6   | 99.2                      |
| Chüferbuck GM                     | 5          | 0.4            | ---                      | ---    | 0.4   | 0.4             | 0.4               | 0.4              | 4.9        | ---               | 2                    | 8.1   | 91.5                      |
| Langenberg Basis                  | 6          | ---            | ---                      | 0.4    | 0.4   | 0.9             | ---               | 0.2              | 1.1        | ---               | ---                  | 2.2   | 97.4                      |
| Langenberg Mitte                  | 7          | 0.3            | ---                      | 0.3    | 0.6   | 0.5             | ---               | ---              | 2          | ---               | ---                  | 2.5   | 96.9                      |
| Langenberg Dach                   | 8          | 0.3            | ---                      | 0.2    | 0.3   | 0.8             | ---               | ---              | 2.1        | 0.5               | ---                  | 3.4   | 96.3                      |
| Bruni Basis                       | 9          | 0.2            | ---                      | 0.2    | 0.4   | 0.4             | ---               | 0.2              | 1          | ---               | ---                  | 1.6   | 98                        |
| Bruni Dach                        | 10         | 0.2            | ---                      | ---    | 0.2   | 0.8             | ---               | ---              | 0.5        | ---               | ---                  | 1.3   | 98.5                      |
| Briner Basis                      | 11         | 0.6            | ---                      | ---    | 0.6   | 1.4             | ---               | ---              | 1          | 0.2               | 0.2                  | 2.8   | 96.6                      |
| Briner Dach                       | 12         | 0.4            | ---                      | ---    | 0.4   | 0.7             | ---               | ---              | 1.3        | ---               | 0.2                  | 2.2   | 97.4                      |
| Briner GM                         | 13         | 2.2            | 1.3                      | 0.4    | 3.9   | 0.4             | ---               | ---              | 0.9        | ---               | ---                  | 1.3   | 94.8                      |
| Rietli Basis                      | 14         | 0.3            | ---                      | ---    | 0.3   | 2.4             | 0.2               | ---              | 1.4        | 0.2               | ---                  | 4.2   | 95.5                      |
| Rietli Dach                       | 15         | ---            | ---                      | ---    | ---   | 1.3             | ---               | 0.2              | 1.6        | ---               | ---                  | 3.1   | 96.9                      |
| Embrach, H, Dach                  | 16         | 2.1            | 1.5                      | 0.6    | 4.2   | ---             | ---               | ---              | 2.7        | ---               | ---                  | 2.7   | 93.1                      |
| Embrach, G, Mitte                 | 17         | 1.5            | 1.5                      | 0.4    | 3.4   | ---             | 0.4               | 0.4              | 1.9        | ---               | ---                  | 2.7   | 93.9                      |
| Embrach, C, Mitte                 | 18         | 0.3            | 1.4                      | ---    | 1.7   | ---             | 0.6               | ---              | 3.4        | ---               | 0.3                  | 4.3   | 94                        |
| Embrach, B, Mitte                 | 19         | 0.3            | 0.8                      | ---    | 1.1   | 0.3             | ---               | 0.3              | 2.4        | 0.3               | 0.3                  | 3.3   | 95.6                      |
| Embrach, A, Basis                 | 20         | 0.4            | 0.2                      | ---    | 0.6   | 0.6             | ---               | 0.3              | 2.1        | ---               | ---                  | 3     | 96.4                      |
| Embrach, A, Dach                  | 21         | 0.7            | 0.2                      | 0.2    | 1.1   | 0.9             | 0.2               | 0.5              | 1.9        | ---               | ---                  | 3.5   | 95.4                      |
| Lufingen Basis                    | 22         | 2.3            | 1.5                      | 0.3    | 4.1   | 0.8             | ---               | 0.5              | 1          | ---               | ---                  | 2.3   | 93.6                      |
| Lufingen Mitte                    | 23         | 0.6            | 1.6                      | 0.3    | 2.5   | 0.6             | 0.3               | 0.6              | 2.2        | ---               | ---                  | 3.7   | 93.8                      |
| Lufingen Dach                     | 24         | 0.9            | 0.6                      | 0.3    | 1.8   | ---             | ---               | ---              | 2.9        | 0.9               | ---                  | 3.8   | 94.4                      |
| Stelzen Basis                     | 25         | 0.8            | 1.3                      | ---    | 2.1   | ---             | ---               | 0.3              | 3.1        | ---               | ---                  | 3.4   | 94.5                      |
| Stelzen Dach                      | 26         | 1.4            | 0.8                      | ---    | 2.2   | 0.6             | ---               | ---              | 2          | ---               | ---                  | 2.6   | 95.2                      |
| Chomberg Basis                    | 27         | 1.5            | 0.8                      | 0.4    | 2.7   | 0.4             | ---               | ---              | 0.8        | 0.2               | 0.8                  | 2.2   | 95.1                      |
| Chomberg Dach I                   | 28         | 1.4            | 0.6                      | ---    | 2     | 0.3             | 0.3               | ---              | 0.8        | 0.5               | ---                  | 1.9   | 96.1                      |
| Chomberg Dach II                  | 29         | 0.5            | 0.8                      | 0.5    | 1.8   | 0.6             | ---               | ---              | 1.5        | ---               | ---                  | 1.8   | 96.4                      |
| Chomberg GM                       | 30         | 2.9            | 1.1                      | 0.6    | 4.6   | 0.6             | ---               | 0.3              | 2.9        | 0.6               | ---                  | 4.4   | 91                        |
| Tagelswangen I                    | 31         | 4.9            | 1.6                      | 0.3    | 6.8   | 0.7             | ---               | 1                | 2          | ---               | ---                  | 3.7   | 89.5                      |
| Tagelswangen II                   | 32         | 1.2            | 0.9                      | 0.9    | 3     | 0.3             | ---               | ---              | 0.9        | ---               | ---                  | 1.2   | 95.8                      |

(Die genauen Angaben zu den Proben 16 bis 21 können der Fig. 10 entnommen werden.)

## 4.2. Geröllmorphometrische Untersuchungen

Es wurde auch hier die von W.A.Keller, 1977, erfolgreich angewandte Methode übernommen, damit unsere Werte mit den seinen vergleichbar sind. Somit wurden die bei den geröllpetrographischen Untersuchungen aussortierten Alpenkalke (je 100 Stück, ohne Kieselkalke) nach A. Cailleux, 1952, vermessen:

Zurundungsindex (Zi) =  $\frac{2r}{L} \cdot 1000$  ; Abplattungsindex (Ai) =  $\frac{L+1}{2E} \cdot 100$

L = grösste Länge des Gerölles

l = grösste Breite (in einer Ebene senkrecht zu L gemessen)

E = grösste Dicke (senkrecht zur Ebene L-l gemessen)

r = kleinster Krümmungsradius (in der Ebene L-l)

Um Unterschiede durch wechselnde Transportresistenz der Gerölle auszuschliessen, wurden nur Alpenkalke vermessen.

Die Ziele der geröllmorphometrischen Untersuchungen waren:

- möglichst objektives Einordnen der Sedimente in die Gruppen:
  - überwiegend glazigene Prägung
  - überwiegend fluviatile Prägung
 } (vgl.Fig.5)
- Gliederung der Sedimente in einem Aufschluss (vgl.Fig.5)
- Erkennen von Vorstoss- und Rückzugsschottern (vgl.Kap.B.1.5.3.)

### 4.2.1. Darstellung der Zi- und Ai-Werte

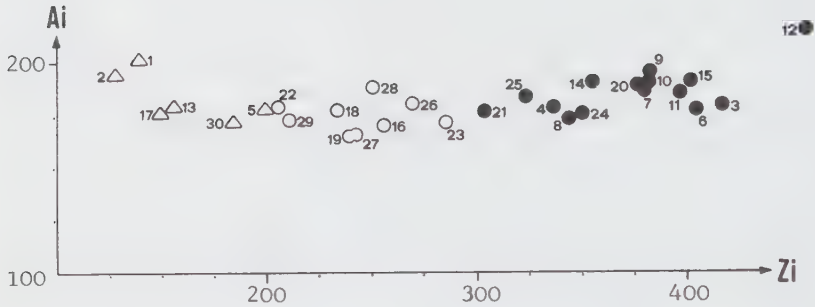
Uebersichtlich ist die Zusammenfassung der Zi-oder Ai-Werte einer Probe in Klassen von 50 Einheiten und die Darstellung als Histogramm. Bei den meisten Proben sind die Werte mehrmodal verteilt, weshalb zum Vergleich der Proben unter sich die Medianwerte verwendet werden sollten (A. Cailleux, 1952; W. Panzer, 1970; Ch. Schlüchter, 1976/78; W. A. Keller, 1977).

Nach Ch. Schlüchter, 1976/78, entspricht jeder Modus einer Geröllgeneration, entstanden durch Aufarbeitung, Umlagerung und Neumaterial. Die nachfolgende Tab. 2 und Fig. 5 geben einen Ueberblick über die Zi- und Ai-Werte (Entnahmestellen der Proben vgl. Fig. 4).

Tab. 2: UEBERBLICK UEBER DIE GEROELLMORPHOMETRISCHEN WERTE (Median)

| Probe* | Zi  | Ai  | Probe* | Zi  | Ai  | Probe* | Zi  | Ai  | * vgl.<br>Fig. 5 |
|--------|-----|-----|--------|-----|-----|--------|-----|-----|------------------|
| 1      | 139 | 201 | 11     | 394 | 184 | 21     | 304 | 177 |                  |
| 2      | 127 | 193 | 12     | 454 | 214 | 22     | 206 | 178 |                  |
| 3      | 415 | 180 | 13     | 156 | 179 | 23     | 285 | 171 |                  |
| 4      | 336 | 178 | 14     | 354 | 189 | 24     | 350 | 175 |                  |
| 5      | 200 | 177 | 15     | 400 | 191 | 25     | 323 | 183 |                  |
| 6      | 404 | 177 | 16     | 255 | 170 | 26     | 269 | 180 |                  |
| 7      | 378 | 186 | 17     | 149 | 175 | 27     | 242 | 166 |                  |
| 8      | 343 | 173 | 18     | 234 | 177 | 28     | 250 | 188 |                  |
| 9      | 381 | 195 | 19     | 240 | 167 | 29     | 210 | 172 |                  |
| 10     | 454 | 192 | 20     | 375 | 188 | 30     | 184 | 171 |                  |

Fig. 5 : UEBERSICHT UEBER DIE GEROELLMORPHOMETRISCHEN WERTE  
(Median-Werte)



- △ glazigene Prägung überwiegend  
● fluviale Prägung überwiegend  
○ Übergänge

Die Abgrenzung der drei Gruppen erfolgte nach A.Cailleux, 1952, Ch. Schlüchter, 1976, und nach dem Erscheinungsbild der Sedimente am Aufschluss.

| Nr. | Entnahmestellen der Proben | Nr. | Entnahmestellen der Proben |
|-----|----------------------------|-----|----------------------------|
| 1   | Henggart "Wall"            | 16  | Embrach, H, Dach           |
| 2   | Henggart Dach              | 17  | Embrach, G, Mitte          |
| 3   | Chüferbuck Basis           | 18  | Embrach, C, Mitte          |
| 4   | Chüferbuck Dach            | 19  | Embrach, B, Mitte          |
| 5   | Chüferbuck Grundmoräne     | 20  | Embrach, A, Basis          |
| 6   | Langenberg Basis           | 21  | Embrach, A, Dach           |
| 7   | Langenberg Mitte           | 22  | Lufingen Basis             |
| 8   | Langenberg Dach            | 23  | Lufingen Mitte             |
| 9   | Bruni Basis                | 24  | Lufingen Dach              |
| 10  | Bruni Dach                 | 25  | Stelzen Basis              |
| 11  | Briner Basis               | 26  | Stelzen Dach               |
| 12  | Briner Dach                | 27  | Chomberg Basis             |
| 13  | Briner Grundmoräne         | 28  | Chomberg Dach I            |
| 14  | Rietli Basis               | 29  | Chomberg Dach II           |
| 15  | Rietli Dach                | 30  | Chomberg Grundmoräne       |

(Die genauen Angaben zu den Proben 16 bis 21 können Fig. 10 entnommen werden.)

Fig. 6: HISTOGRAMME DER  $A_i$ -WERTE

Proben: 1 bis 15 (vgl. Fig. 4 und Tab. 1)

Median

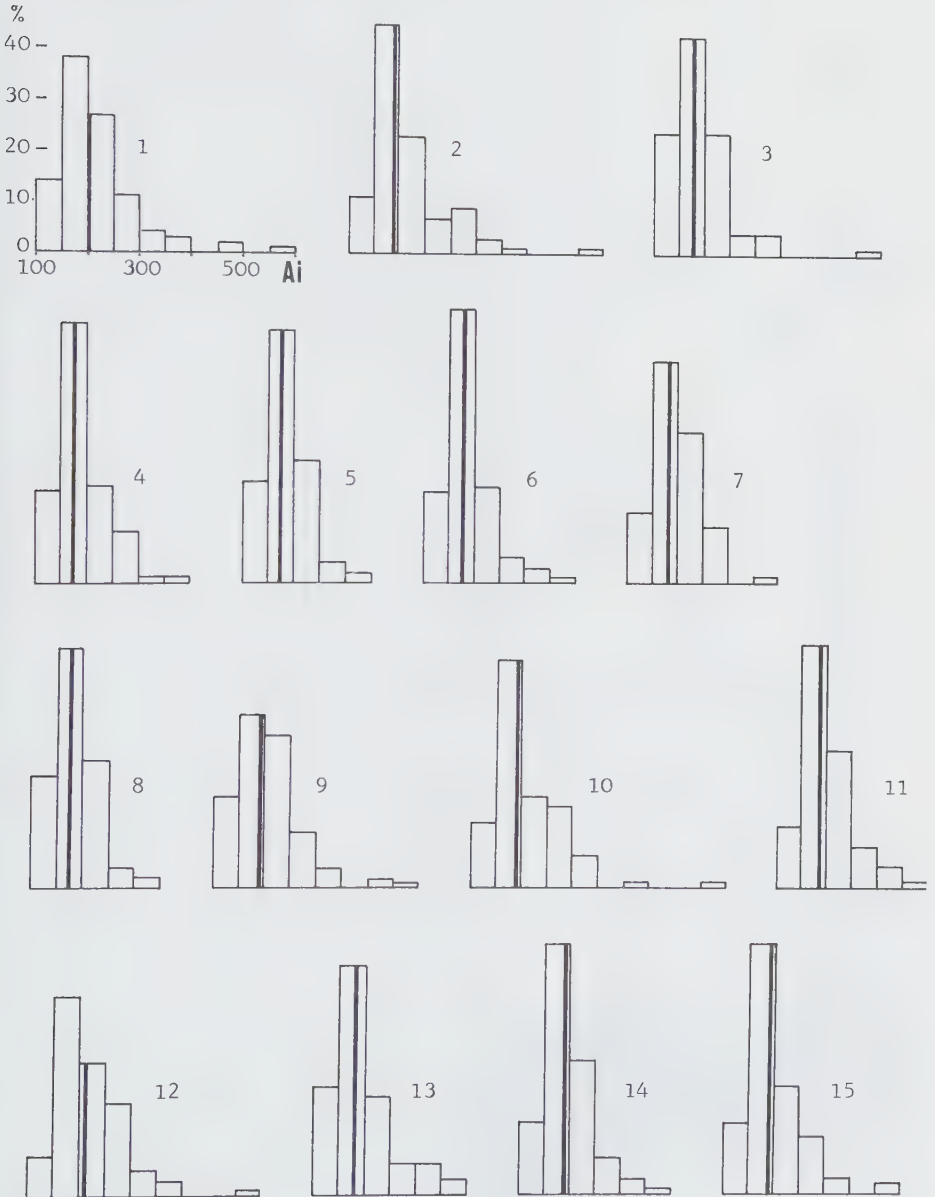
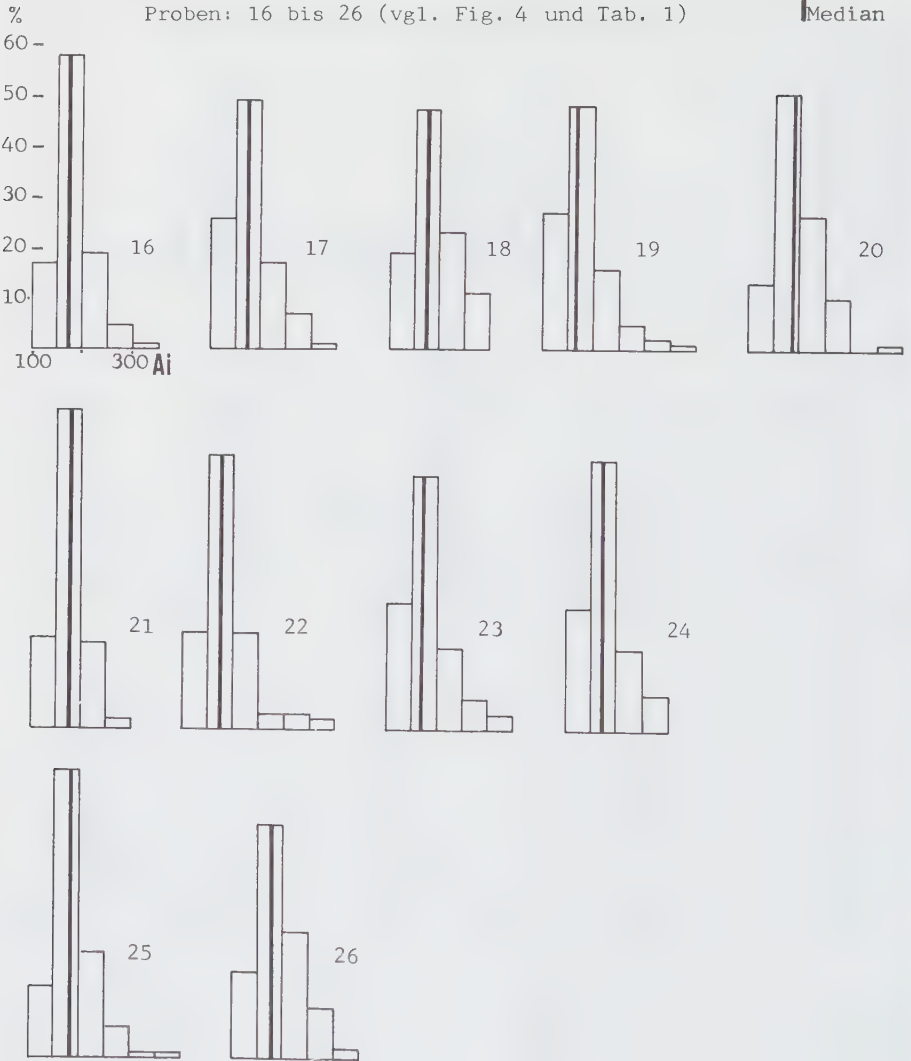
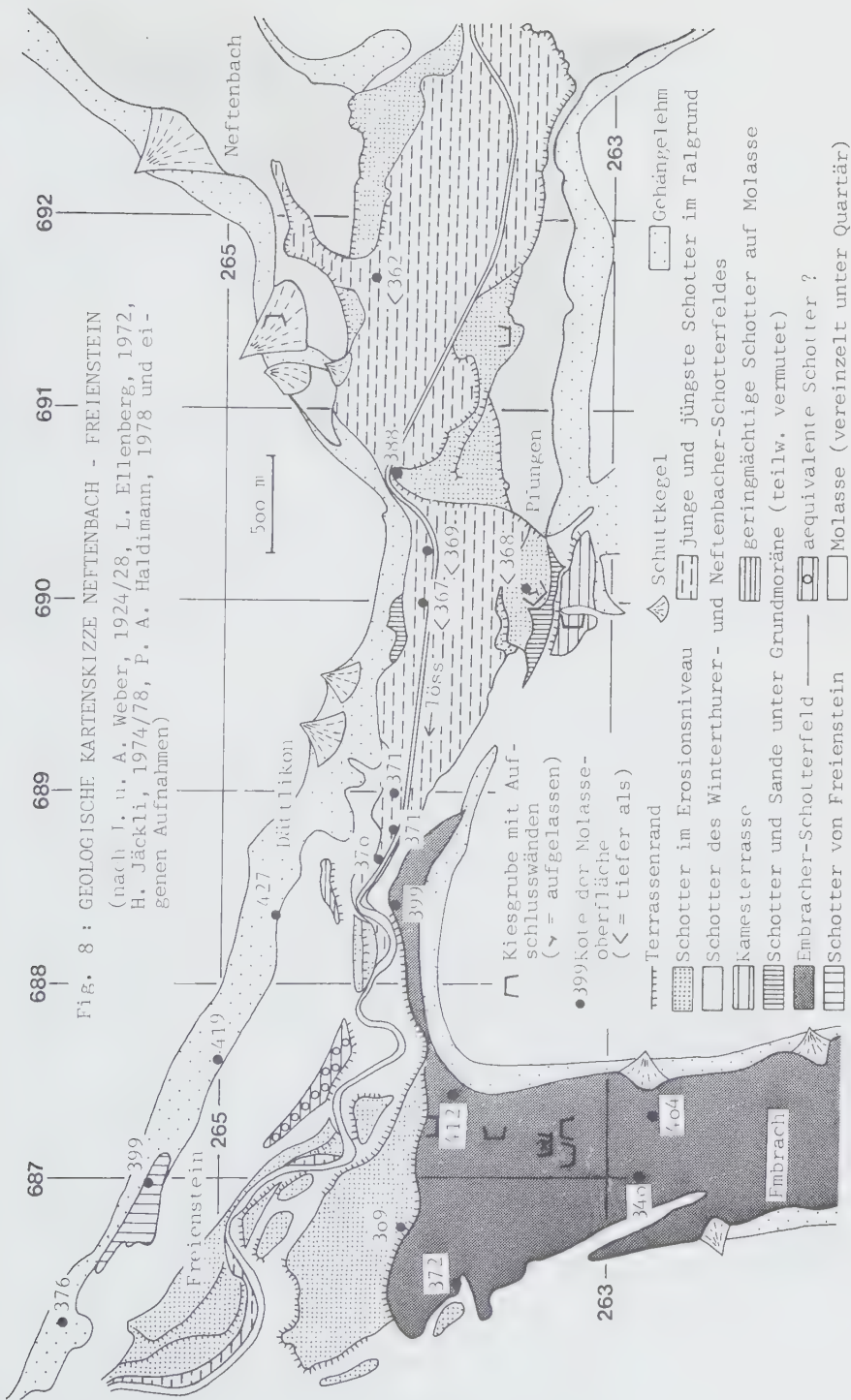


Fig. 7 : HISTOGRAMME DER Ai-WERTE

Proben: 16 bis 26 (vgl. Fig. 4 und Tab. 1)





## B.        BESPRECHUNG DER TEILGEBIETE

### 1.        Das Kerngebiet

Das Kerngebiet umfasst das Tösstal zwischen Winterthur und Dättlikon. Im Laufe der Arbeit stellte sich ein enger genetischer Zusammenhang zwischen dem Embracher-Schotterfeld und dem Kerngebiet heraus. Entsprechend wurde dieses dann erweitert. Im Gebiet von Embrach sind die quartären Ablagerungen relativ gut aufgeschlossen und erbohrt. Die wichtigsten Ergebnisse sind denn auch hier erzielt worden.

Fig. 8 gibt einen Ueberblick über die Geologie des Kerngebietes.

#### 1.1.     Das Embracher-Schotterfeld

Ein Blick in die Kiesgruben im nördlichen Embracher-Schotterfeld lässt dessen komplizierten Aufbau erkennen. Neuere Bohrungen erschliessen teilweise die komplexe Abfolge der Sedimente bis auf die Molassefelsunterlage (H. Jäckli, 1978).

Im folgenden werden die aufgeschlossenen Ablagerungen visuell und mit Hilfe geröllpetrographischer und - morphometrischer Untersuchungen gegliedert.

##### 1.1.1. Die Kiesgruben bei Embrach (Koord: 687-688/263-264)

Bei Embrach kann man in vier Kiesgruben Einblick in den Aufbau der Talfüllung nehmen. Bohrprotokolle erweitern das Bild.

Fig. 10 (p. 34) erlaubt einen Ueberblick über das Gebiet.

Es lassen sich vier lithostratigraphische Einheiten erkennen. Dies sind lithologisch definierte Gesteinskörper, die eine lithologische Einheit bilden und kartierbar sind. Unter "Einheit" wird jene Mannigfaltigkeit verstanden, die von einem näher zu begründenden Gesichtspunkt aus als eine Einheit höheren Ranges zusammengefasst wird (Ch. Schlüchter, 1976).

Zusammenstellung der im aufgeschlossenen nördlichen Teil des Embracher-Schotterfeldes beobachteten lithostratigraphischen Einheiten:

| Lithostratigraphische Einheit:                                           | Gliederung:                                        | Symbol: |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------|
| Obere Schotter (oberste lithostratigraphische Einheit)                   | keine weitere Gliederung                           | A       |
| Groblage                                                                 | oberer Teil d. Groblage                            | B       |
|                                                                          | Sandbändchen                                       | D       |
|                                                                          | unterer Teil d. Groblage                           | C       |
|                                                                          | geringmächtige feinkörnige Schotter                | E       |
| Grundmoräne s.l. (basal melt-out till *1)                                | unsortierte Fazies (mit einer "fluted surface" *2) | G       |
|                                                                          | feinkörnige Fazies (mit "current-beddings" *3)     | F       |
| Untere Schotter (unterste aufgeschlossene lithostratigraphische Einheit) | keine weitere Gliederung                           | H       |

\* In Kapitel B.1.1.1. werden die nachstehend aufgeführten Begriffe in folgendem Sinne verwendet:

\*1 basal melt-out till: Grundmoräne, die durch subglaziales Austauen des Sedimentmaterials (alle Korngrößen; ohne Sortierung durch fließendes Schmelzwasser) entsteht. Da eine Druckeinwirkung fehlt, entsteht eine relativ lockere Ablagerung (vgl. A. Dreimanis, 1976).  
Im Gegensatz dazu übt bei der Bildung von lodgment till s.s. (A. Dreimanis, 1976) der Gletscher einen hohen Druck auf die durch Druckschmelzen austauende Grundmoräne aus.

\*2 "fluted surface": "Wellblechartige" Oberfläche bestehend aus langgestreckten, parallel zueinander verlaufenden Wällen (1 bis 30m hoch) vorwiegend aus Grundmoränenmaterial, die als "flutes" oder "flutings" (auch "Orgelpfeifenmoräne") bezeichnet werden (vgl. R. Ario, 1977; J. Shaw, 1975/1977).

\*3 "current-beddings": Fließsschichtungen, d.h. die Schichtung des Sedimentes (Wechselagerung von fein- und grobkörnigeren Sedimenten) geht auf die Tätigkeit fließenden Wassers zurück.

Im folgenden werden die lithostratigraphischen Einheiten, beginnend mit der untersten, einzeln besprochen.

### Die Unteren Schotter

Sie bilden die tiefste aufgeschlossene Einheit. Es handelt sich um gut sortierte, eher schlecht gerundete, feinkörnige Schotter. Ihre Oberfläche ist, soweit erkennbar, eben und annähernd horizontal und deutet damit auf ein ausgeprägtes hydrographisches Niveau hin. Weder eine Verwitterung noch eine Erosion derselben ist beobachtbar.

An zwei Stellen ist der Kontakt zur hangenden Grundmoräne s.l. aufgeschlossen:

- Im westlichsten Teil der größten Kiesgrube (Koord: 687'180/263'250) beobachtet man einen kontinuierlichen Uebergang.
- An der Westwand in der westlichsten Grube (Koord: 687'150/263'100) erkennt man dagegen einen markanten lithologischen Wechsel (vgl. Abb. 5) zu den dort zwischen den Schottern und der Grundmoräne (unsortierte Fazies - G) liegenden sandig-tonigen Sedimenten (feinkörnige Fazies von basal melt-out till - F; vgl. Kap. B.1.1.4.).

Das Lintherratikum ist mit einem für unser Gebiet recht hohen Wert von 4% vertreten.

### Die hangende Grundmoräne s.l.

Der Begriff Grundmoräne s.l. umfasst hier die Gesamtheit des glazigenen Materials (vgl. Ch. Schlüchter, 1976), das in der westlichsten Embracher Grube (Koord: 687'150/263'100) gut aufgeschlossen ist und ca. 1000 m nach Osten weiterverfolgt werden kann.

Diese lithologische Einheit (hinsichtlich der allgemeinen Genese) "Grundmoräne s.l." kann gegliedert werden in:

- Das unsortierte Sediment G, das den Hauptteil bildet:  
In einer tonig-sandigen Grundmasse liegen gerundete Gerölle, kantige bis kantengerundete Geschiebe und Steine (bis ca. 20 cm Durchmesser). Eine eigentliche Schichtung fehlt, und die Gerölle, Geschiebe und Steine sind geschrammt. Der Aufbau ist für eine Grundmoräne relativ locker und der Anteil der Tonfraktion eher gering.

- Die feinkörnigen, geschichteten Ablagerungen F bestehend aus Ton, Silt und Sand:

Sie liegen in der Westwand (Koord: 687'150/263'100) der westlichst en Grube zwischen den Unteren Schottern und G (an einer Stelle in G; vgl. Abb. 5).

Im Bereich der westlichsten Grube bilden sie auch das Hangende von G, keilen jedoch an der Westwand gegen Norden aus.

Aehnliche Sedimente sind lediglich noch in der Südost-Ecke der grössten Grube beobachtbar (vgl. Abb. 2).

Die unruhige Oberfläche der basalen Ton-Sand-Ablagerung geht nicht auf Erosion zurück, wie "current-beddings" beweisen (vgl. Abb. 3 und Abb. 5). Vielmehr belegt sie die Entstehung der Grundmoräne s.l. als basal melt-out till. (Das Sedimentmaterial taut subglazial ohne Druckeinwirkung aus; vgl. dazu A. Dreimanis, 1976, und Fig. 13.)

Die Oberfläche des Sedimentes G zeigt mehrere 1 bis 2m mächtige wellenförmige Erhöhungen (vgl. Abb. 1). Anlässlich einer gemeinsamen Exkursion mit Ch. Schlüchter wurden diese als "flutes" interpretiert, die hier im Querschnitt aufgeschlossen sind. Es handelt sich um das erste Beispiel einer "fluted surface" im Schweizer Mittelland.

Aehnliche, wenn auch grössere Formen von mehreren Dekametern Höhe, werden unter diesem Begriff von John Shaw, 1975/1977, und anderen beschrieben und wie folgt erklärt:

Die Formung der Grundmoräne zu langgestreckten parallelen Wällen geht auf die teilweise Erosion derselben oder auf unterschiedlichen Transport und Ablagerung von Geschiebelehm zurück. Der Grund dafür ist nach Shaw sekundäres Eisfliessen. Helicoidale Fliessstrukturen führen zu geradlinigen Bändern von Geschiebeanhäufungen parallel zur Richtung des Eisfliessens. Dabei soll das Eis zur Zeit der Entstehung von "flutings" relativ dünn sein. Shaw nimmt an, dass sich unter diesen Umständen bildende, längsgerichtete Gletscherspalten für Druckunterschiede verantwortlich sind, die den Sekundärfluss erzeugen.

Bezüglich der Genese ist das Fehlen von Verwitterungszonen in der Grundmoräne s.l. wichtig. Eine Verwitterungszone würde bedeuten, dass die Grundmoräne längere Zeit (z.B. während eines Interglazials) der Verwitterung ausgesetzt war.



Abb. 1: westlichste Grube Embrach (Koord: 687'150/263'100):  
"flutes" (zu G und F vgl. Fig. 10)

Die Grundmoräne (G) ist zu einem symmetrischen Wall angehäuft.

Grössere, parallel zueinander angeordnete, langgestreckte Wälle von mehreren Dekametern Höhe können in Finnland und Nordamerika über Kilometer hinweg verfolgt werden. Sie werden als "flutes" oder "flutings" bezeichnet (R. Ario, 1977; J. Shaw, 1975/77).

In unserem Falle sind die Formen wesentlich kleiner und nur im Querschnitt aufgeschlossen. Immerhin lässt ihre Anordnung auf eine Längserstreckung von Nordosten nach Südwesten schliessen.

(Zur Genese vgl. vorangehende Seite)

### Die Groblage

Die Groblage liegt entweder direkt den Unteren Schottern, der Grundmoräne s.l. oder fluviatilen Sedimenten im Hangenden derselben auf, zu denen auch die sehr feinkörnigen, gut sortierten Schotter im Südwesten des aufgeschlossenen Gebietes (westlichste Grube, Ablagerung E; vgl. Fig. 10) gehören. Sie können genetisch durchaus dem Sediment F nahestehen, d.h. beim weiteren Abschmelzen des Eises vermochten die Schmelzwasser kleine Sander zu schütten. Trotzdem ist es sinnvoll, sie mit der Groblage zur selben lithologischen Einheit zusammenzufassen (vgl. Kap. B.1.1.1.).

Die Groblage besteht aus kantengerundetem bis gerundetem Schotter (Fraktion 2 bis 7cm) und groben Steinen (über 7cm; vereinzelt gekritzelt), sowie Blöcken alpinen Materials und aus der Molasse. An gewissen Stellen nimmt Zahl und Grösse der Molasse-sandstein- und Molassemergelblöcke stark zu, und es treten Blöcke von bis 1/4 m<sup>3</sup> auf. Dabei überwiegt das in dieser Gegend anstehende Material stark. Die Porosität dieses Sedimentes ist recht hoch, und verschiedentlich erkennt man unschwer, wie fließendes Wasser feinkörnige Schotter und kleinere Partikel an die Blöcke angelagert hat (Einschwemmungen; vgl. Abb. 2).

Die Groblage lässt sich am Aufschluss, sowie morphometrisch und petrographisch gliedern (vgl. Fig. 10). Auskeilende Sandbändchen dokumentieren eine Phase geringer Wasserführung zwischen einer Unteren und einer Oberen Groblage. Beide Groblagen weisen einen geringen Anteil an Lintherratikum auf, während das Rheinneratikum in der Unteren Groblage einen leicht höheren Wert erreicht (vgl. Tab. 1; statistisch kein signifikanter Unterschied).

Die Oberfläche der Groblage ist, soweit erkennbar, eben und liegt überall auf ca. 419m ü.M. Es ist keine Verwitterungszone zu beobachten. Die beige-bräunliche Farbe der Groblage ist dem hohen Anteil der Molassemergel- und Sandsteinbruchstücke zuzuschreiben. Die Grenze zu den hangenden Schottern ist in der westlichsten Grube markant.

Grobblockige Horizonte, in der Art, wie sie von L. Ellenberg, 1972, beschrieben wurden, konnten keine beobachtet werden.

L. Ellenberg, 1972, schreibt S. 24: "Grobblockige Horizonte, bestehend aus normalem Schotter und bis 70cm grossen, kanten-gerundeten Sandsteinbrocken, von Lufingen an zu verfolgen (also nicht von Oberembrach her geschüttet), in verschiedenen Niveaus, 1 - 4m mächtig, oft mehr als 500m in Talrichtung zu verfolgen. Die Rundung der Komponenten, die durch die Strömung steilgestellten Längsachsen und das Fehlen von gekritzten Blöcken schliessen eine Genese als Moräne aus, es handelt sich wohl um murgangähnliche Ablagerungen, wie sie beim Auslaufen eines Gletschersees entstehen können. In ihnen finden sich häufig tonige Gerölle. (Dies muss nicht als Indiz für Transport unter kaltzeitlichen Bedingungen gewertet werden, da Tongerölle auch in den Molasseablagerungen häufig sind (mündl. Mitt. R. Hantke und L. Mazurczak)."

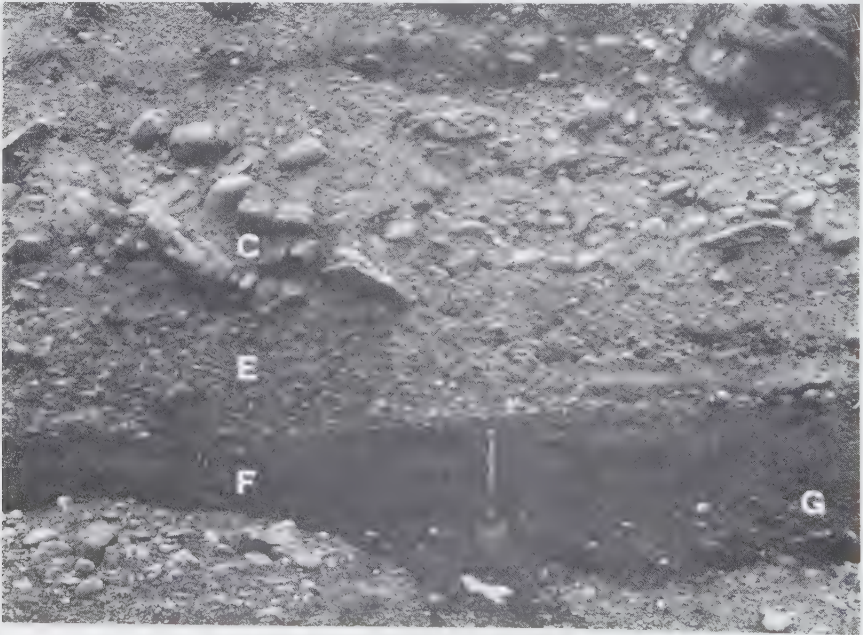


Abb. 2: Östlicher Teil der grössten Grube (Koord: 687'200/263'250)  
Die Grundmoräne (G) keilt gegen Osten aus und geht im Bereich der Abb. 2 in eine feinkörnige, geschichtete Ablagerung aus Sand, Silt und Ton über (F). Darüber liegen feinkörnige Schotter (E), auf welche ohne Diskordanz die Untere Groblage (C) folgt (vgl. Fig. 10).

### Die Oberen Schotter

Es handelt sich dabei um ca. 8m mächtige, feinkörnige Schotter. Sie sind an der Basis gut gerundet, mit einer grossen Streuung der Zi-Werte. Gegen das Dach hin nimmt der Median der Zurundungswerte leicht ab. Der Anteil des Lintherratikums liegt um 1%, der des Rheinerratikums über 3% (vgl. Tab.1 und Fig.11).

Wo Deltastrukturen erkennbar sind, weisen sie auf eine Schüttung aus Osten bis Nordosten (also aus dem Tösstal) hin. Situgramme unterstützen diese Beobachtung (vgl. Fig. 9). Indizien für eine Schüttung vom Tösstal her findet man ferner in der Oberflächenform des nordöstlichen Embracher-Schotterfeldes und im Verlauf des Wildbaches. Von der Ziegelhütte geht ein nach Westen einfallender Schwemmfächer aus, der den Wildbach an den westlichen Talhang abdrängt. Das Embracher-Schotterfeld scheint aus mehreren weit ausgreifenden Schwemmfächern aufgebaut zu sein und nicht eine einheitliche Schotterebene mit nur einer "Einspeisungsstelle" darzustellen.

Fig. 9 : SITUGRAMME UND SCHUETTUNGS AZIMUTE

Dach der Oberen Schotter

687'200/263'200

687'180/263'250

Groblage

687'180/263'250

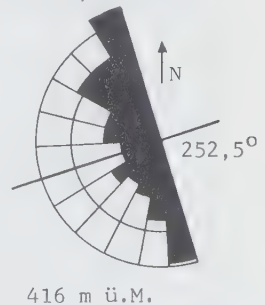
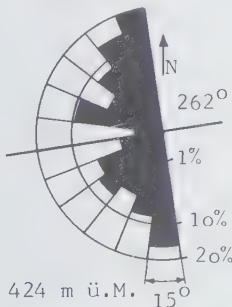
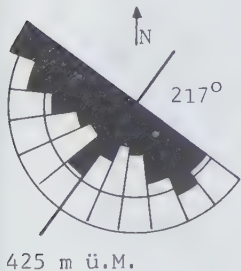
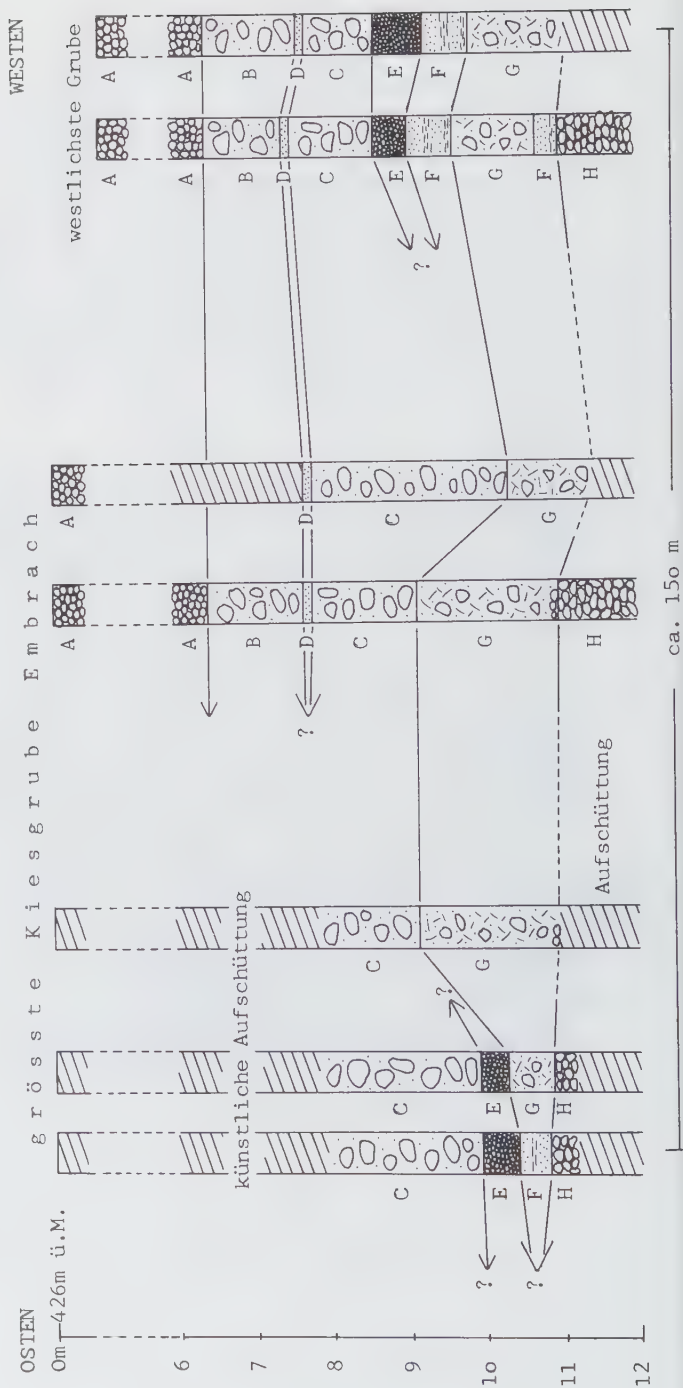


Fig. 10: QUERPROFIL DURCH DEN AUFGESCHLOSSENEN TEIL DES EMBRACHER-SCHOTTERFELDES BEI EMBRACH

- A = Oberer Schotter                      B = Oberer Teil der Groblage  
 D = Sandbändchen (teilw. auskeilend)                      E = feinkörniger Schotter  
 F = feinkörnige Ablagerung aus Sand, Silt und Ton (feinkörnige Fazies der Grundmoräne s.l.)  
 G = unsortierte Fazies der Grundmoräne s.l. (flutes nur im N-S - Profil zu erkennen)  
 H = Unterer Schotter



NORDEN

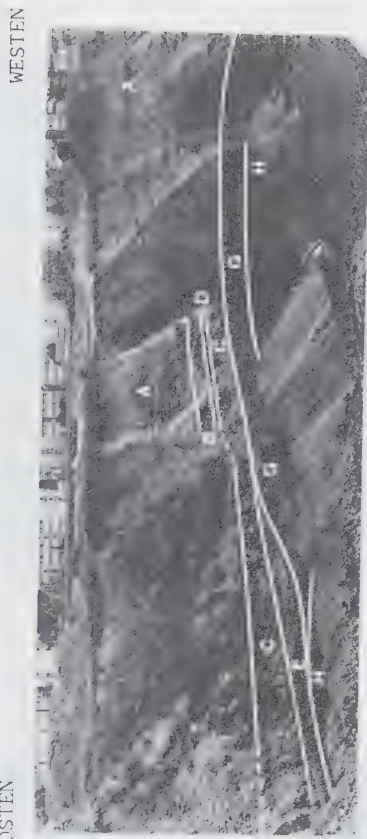
SUEDEN



Abb. 3: westlichste Kiesgrube Embrach  
(Koord: 687'150/263'100)

- A = Oberer Schotter
- B = Oberer Teil der Groblage
- C = Unterer Teil der Groblage
- D = Sandbändchen (Teilw. auskeilend)
- E = feinkörniger Schotter
- F = feinkörnige, geschichtete Ablagerung aus Sand, Silt und Ton (feinkörnige Fazies d. GM s.l.)
- G = unsortierte Fazies der Grundmoräne s.l.
- H = Unterer Schotter

OSTEN



WESTEN

Abb. 4: größte Kiesgrube Embrach →  
(Koord: 687'200/263'250)  
aufgelassen

Legende wie oben

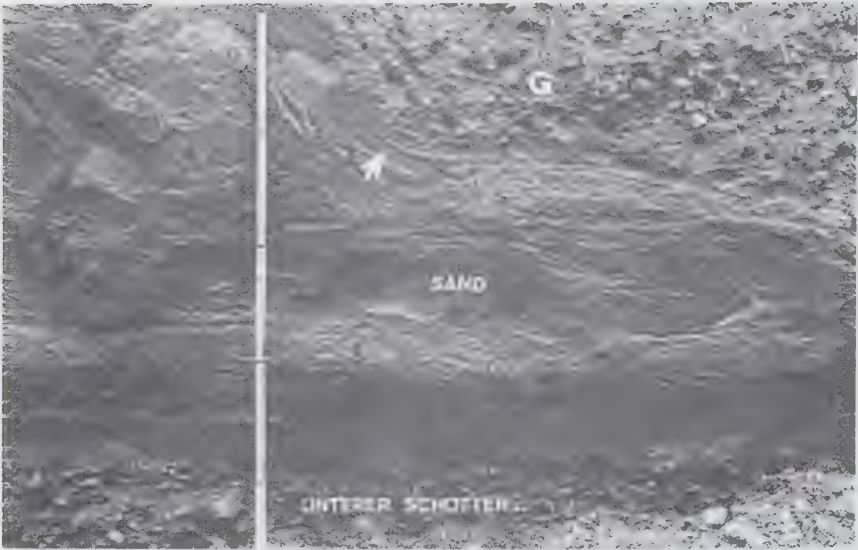


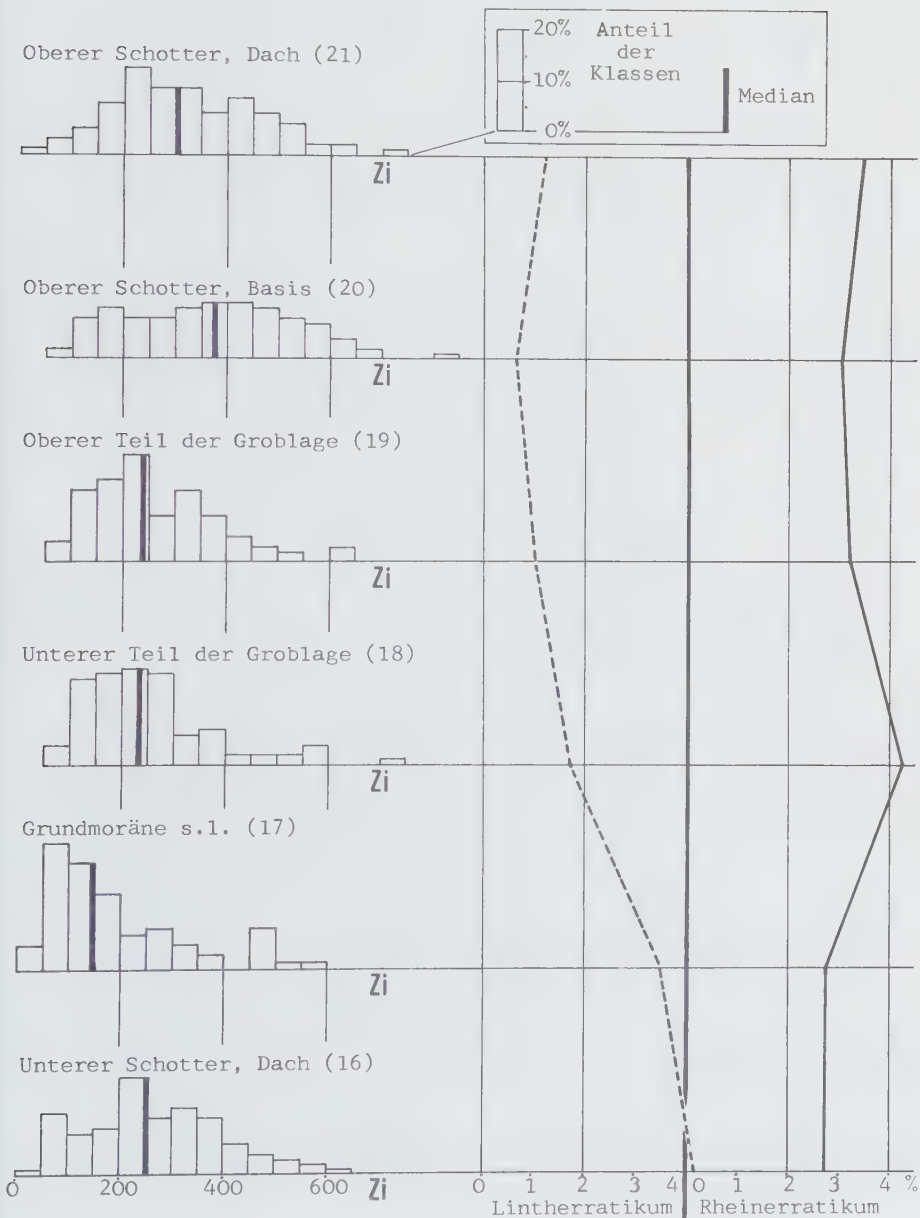
Abb. 5: westlichste Grube Embrach, Westwand (687'15o/263'1oo):  
 "Current-beddings" (Pfeil) beim Kontakt Sand - G  
 (Grundmoräne) schliessen eine Formung durch Erosion aus.  
 Damit ist die Entstehung beider Ablagerungen als basal  
 melt-out till belegt. (vgl. Abb.3 und Fig. 1o)



Abb. 6: westlichste Grube Embrach, Ostwand (687'13o/263'1oo):  
 Verwerfung in sandigen Silten mit Tonbändchen (basal  
 melt-out till) im Hangenden von G : Die Sedimentation  
 erfolgte auf Toteis, das später abschmolz und somit  
 zur Verwerfung führte. (vgl. Abb.3 und Fig. 1o)

Fig. 11: ZURUNDUNGSWERTE UND VERTEILUNG DES ERRATIKUMS

Proben von Embrach: 16 - 21



### 1.1.2. Die Kiesgruben bei Lufingen (Koord: 687-688/260-261, ca.441)

Zwei grosse Gruben gewähren einen guten Einblick in den Aufbau des südlichen Embracher-Schotterfeldes. Im Gegensatz zur komplizierten Abfolge verschiedener Sedimente bei Embrach beobachtet man hier auf eine vertikale Distanz von 15 - 18m visuell kaum gliederbare, geschichtete, feinkörnige Schotter. Das Liegende ist nicht aufgeschlossen.

Beim Abbau unterscheidet man ein oberes, ca. 12m mächtiges Paket "schmutzigen" Schotters (durchsetzt mit Molassemergelbruchstücken) und ein unteres mit gut sortierten Schottern mit kleinerem Anteil der Sand- und Tonfraktion.

Die morphometrischen und petrographischen Daten sind in Fig.12 dargestellt. Die Gliederung in einen Unteren und Oberen Schotter, wie dies bei Embrach möglich war, wird auch hier methodisch bestätigt. Bislang sind die Schotter im Embracher-Schotterfeld nicht gegliedert und die bei Embrach aufgeschlossenen stets mit jenen bei Lufingen verknüpft worden (vgl. L. Ellenberg, 1972).

Wie oben schon erwähnt, stellt das Embracher-Schotterfeld keine einheitliche Ebene dar. Es ist ein Einfallen der Oberfläche in zwei Richtungen zu beobachten:

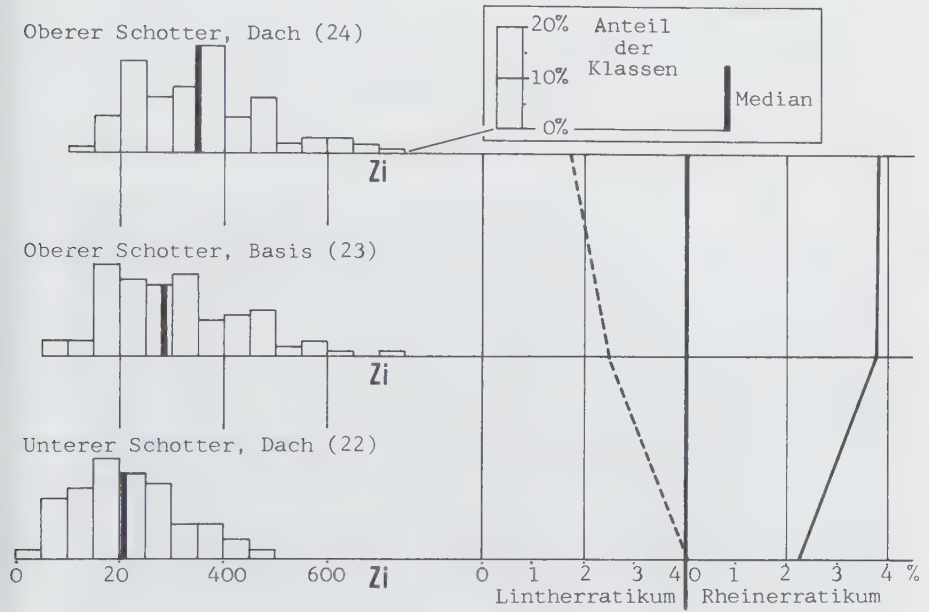
- von Oberembrach gegen Nordwesten,
- von der Nordostecke des Embracher-Schotterfeldes (Ziegelhütte) gegen Westen und Südwesten.

Somit sind zumindest die obersten, formgebenden Schottermassen aus zwei Richtungen geschüttet worden (vgl. Fig.9). Dass der Obere Schotter von Embrach nicht mit dem Oberen Schotter von Lufingen gleichgesetzt werden darf, ergibt sich schliesslich, wie oben angetönt, aus den petrographischen und morphometrischen Untersuchungen (vgl. Fig.11 und Fig.12): Während die Zurundung bei Lufingen gegen oben zunimmt, erkennt man bei Embrach eine Abnahme. Der Anteil des Lintherratikums ist bei Lufingen mit 2.5% bzw. 1.8% signifikant grösser als bei Embrach (0.6%/1.1%).

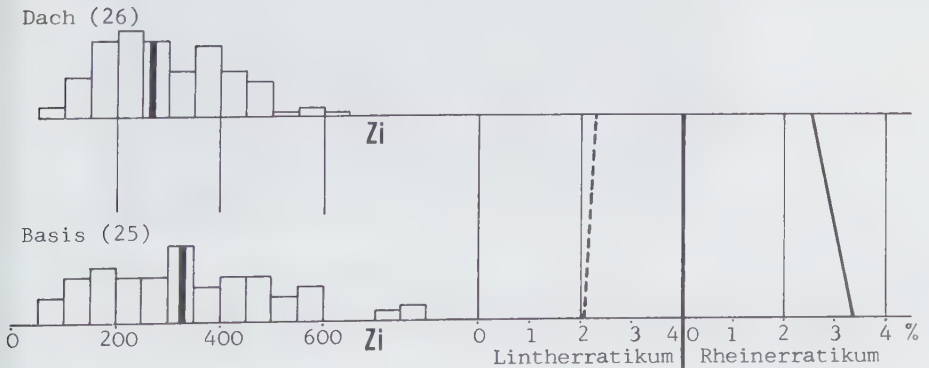
Dagegen zeigen die Unteren Schotter bei Embrach und Lufingen hinsichtlich der petrographischen Zusammensetzung eine gute, wenn auch nicht signifikante Übereinstimmung. Der Vergleich der morphometrischen Werte ist über die horizontale Distanz von 2.5km nicht ohne weiteres möglich. (Das genaue Mass für die Zunahme der Zurundung ist unbekannt.) Eine Korrelation kann nicht belegt werden.

Fig. 12 : ZURUNDUNGSWERTE UND VERTEILUNG DES ERRATIKUMS

Proben von Lufingen: 22 - 24



Proben aus der Stelzen - Terrasse: 25, 26



### 1.1.3. Der Aufschluss bei Kohlschwärze (688'400/264'100, 422)

Im Zusammenhang mit dem Bau der Bahnunterführung bei Kohlschwärze war Ende 1973 der Einblick in den Aufbau der obersten 5m möglich.

Unter Gehängelehm liegen einige dm feinkörnigen Schotters mit recht hohem Sand- und Tongehalt. Die fluviatile Prägung überwiegt. Ab etwa Kote 422 folgt eine Groblage. Sie besteht aus Sand, kleinen Geröllen und kantengerundeten Blöcken (hoher Anteil der Molassegesteine), die vielfach über kopfgross sind. Deutliche Kratzer fehlen. Im östlichen Teil der Baugrube war das Liegende der Groblage aufgeschlossen. Es handelt sich um feinkörnige Schotter, die wie die oberen fluviatil geprägt und kaum geschichtet sind. Die Groblage hat eine Mächtigkeit von 2.80m. Das Liegende der feinkörnigen Unteren Schotter war nie aufgeschlossen.

Obere Schotter

Groblage

Untere Schotter



Abb. 7: Kohlschwärze, Westwand (Koord: 688'400/264'100, 418): Die Groblage mit einzelnen besonders mächtigen Molasse-sandsteinblöcken (teilweise abgerutscht) liegt zwischen den feinkörnigen Oberen und Unteren Schottern. (Messstab = 1m)

Anhand von Bohrprotokollen (H. Jäckli, 1974) kann das Bild wie folgt ergänzt werden:

- Die Schotter sind teilweise stark lehmig.
- Die Schotteroberfläche fällt mit ca. 5% gegen N ein. (Eine Schüttung der Schotter aus Richtung Süden kann im Bereich des Aufschlusses aus morphologischen Gründen ausgeschlossen werden. Somit dürften die Schottermassen zum Teil abgerutscht und/oder teilweise erodiert worden sein. Vgl. Kap. B.1.5.3.)



Abb. 8: Kohlschwarze, Nordwand (Koord: 688'400/264'100, 420):  
Detailaufnahme der Groblage (Messstab = 1m)

#### 1.1.4. Rekonstruktion der Genese des Embracher-Schotterfeldes

Die Rekonstruktion umfasst die Erklärung der Genese der in den Kapiteln B.1.1.1. bis 1.1.3. genannten lithologischen Einheiten. Sie wird später im Kapitel B. 1.5. in einen grösseren Zusammenhang gestellt.

##### Untere Schotter - Vorstossschotter

Folgende Kriterien für einen Vorstossschotter (nach Ch. Schlüchter, 1976/77/78) sind erfüllt:

- Die lithologische Kontinuität zur hangenden Grundmoräne s.l. kann beobachtet werden (in der grössten Grube Embrach, Koord: 687'160/263'250).
- Die glazigene Prägung der Schotter ist erheblich, wie aus den morphometrischen Untersuchungen hervorgeht (Zi-Median: 255, Ai-Median: 170; vgl. Fig.11 und Tab. 1).
- Die Verteilung der Zi-Werte im Histogramm ist charakteristisch mit einem deutlichen ersten Modus (vgl. Ch. Schlüchter, 1977/78). Dieser entspricht dem eingearbeiteten glazigenen Material.
- Die geröllpetrographischen Werte stimmen gut mit jenen der hangenden Grundmoräne s.l. überein.

Obwohl die Basis der Schotter nicht aufgeschlossen ist und damit weitere Kriterien fehlen, ist deren Beurteilung als Vorstossschotter naheliegend.

Da gewichtige Gründe dafür sprechen, dass die hangende Grundmoräne s.l. durch einen vom Tösstal her vorstossenden Gletscherlappen gebildet wurde (vgl. nächstes Kap.), gilt das gleiche für die Unteren Schotter bei Embrach. Dabei kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Schüttung gleichzeitig aus Richtung Oberembrach und Lufingen erfolgte. Wie im Kapitel B. 1.1.2. erwähnt, besteht eine gute Übereinstimmung hinsichtlich der petrographischen Zusammensetzung zwischen den Unteren Schottern von Embrach und jenen von Lufingen.

##### Grundmoräne s.l. - basal melt-out till

###### - Einleitung:

Ueblicherweise wird das Grundmoränenmaterial deshalb aus dem Eis ausgeschieden, weil dieses infolge des hohen Druckes an der Basis schmilzt.

Unter dem Begriff "basal melt-out till" versteht man eine, durch



Sie lässt sich trotz mehrerer Bohrprofile nicht weiterverfolgen. Damit muss die Frage, woher der Gletscher vorstieß, ohne abschliessende Antwort bleiben. Verschiedene Indizien sprechen aber doch für ein Vorrücken des Rhein-Thur-Lappens von Pfungen her:

- Ein zwischen Irchel und Blauen eingeeengter Gletscher

könnte sich beim Austritt ins weite Embracher Schotterfeld fächerförmig ausgebreitet haben. Damit liesse sich das Auskeilen der Grundmoräne s.l. gegen Westen, Süden und Osten erklären.

- Die im Zusammenhang mit dem Abschmelzen des Eises einsetzende Erosion der Grundmoräne s.l. dürfte in diesem Falle v.a. die nordöstlichen und nördlichen Teile betreffen haben und damit für ihr nur reliktsches Vorkommen verantwortlich sein.
- Die im Querschnitt aufgeschlossenen flutes weisen auf eine NE-SW-Bewegung des Eises hin.

#### Die Groblage

Es sei vorausgeschickt, dass deren Schüttung mit grosser Wahrscheinlichkeit von Nordosten, also vom Tösstal her erfolgte. Dies geht aus dem Situgramm (vgl. Fig. 9) sowie aus der Tatsache hervor, dass die Groblage in leicht höherem Niveau (422-419 m ü.M.) bei Kohlschwarze aufgeschlossen war (bei Embrach: 419.50-416).

Wie aus den topographischen Verhältnissen und der Richtung der Entwässerungsrinnen einerseits und der wahrscheinlichen Ausdehnung des Eises andererseits hervorgeht, wurde der Abfluss der Schmelzwasser zumindest behindert, wenn nicht sogar unterbunden (vgl. Kap. B.2.3.). Mit dem Abschmelzen des Eises dürften sich ein oder gar mehrere Eisrandstauseen entleert haben. Es muss sich dabei um gewaltige Wassermassen gehandelt haben, wie aus der Verbreitung und der Menge des Grobmaterials (Blöcke bis 1/4m<sup>3</sup>) geschlossen werden kann. Es drängt sich ein Vergleich mit den Jökullhaups\* auf.

\* Der Begriff "Jökullhaups" (teilw. abweichende Schreibweise) stammt aus dem Isländischen und bedeutet "Gletscherläufe". Man versteht darunter gewaltige Schmelzwassermengen, die in kurzer Zeit infolge vulkanischer Tätigkeit frei werden (F. Wilhelm, 1975). Jökullhaups werden nicht immer eindeutig von anderen katastrophalen Gletscherhochwassern getrennt (z.B. von D. Richardson, 1968; zitiert in F. Wilhelm, 1975).

Im Zusammenhang mit diesen katastrophalen Wasserausbrüchen wurden Moränenmaterial und Schotter v.a. dem südlichen Eisrand entlang verschwemmt. Hinzu kam Rutschmaterial von den benachbarten Hängen, das dem Erhaltungszustand von Mergelbrocken zufolge zuweilen nur über kurze Distanz transportiert wurde. Tatsächlich ist in einem Bohrprofil von der Nordwestecke des Blauen eine 7m mächtige Ablagerung als murgangähnlich interpretiert worden. Niveaumässig stimmt sie mit der Groblage überein.

Die Befunde der Bohrungen (H. Jäckli, 1978) aus dem mittleren und südlichen Embracher-Schotterfeld lassen sich vorläufig wie folgt interpretieren:

- Die Groblage erreicht Embrach-Oberdorf, nicht aber die geographische Breite von Lufingen.
- Ihre Oberfläche fällt gegen Süden ein.
- Eine andere, bei Oberembrach aufgeschlossene, murgangähnliche Ablagerung entspricht kaum unserer Groblage, da sie in Bohrungen zwischen Lufingen und Rebhalde nicht mehr erscheint.

Die gesamte Groblage im nördlichen Embracher-Schotterfeld ist offenbar während mehrerer (2 sind belegt) Hochfluten mit zwischengeschalteten Ruhephasen - Bildung von Sandbändchen - entstanden. Die vereinzelt zu beobachtenden, feinkörnigen Schotter im Liegenden der Groblage dürfen als fluviatile Ablagerungen (Sander-Relikte) in kleinen Schmelzwasserrinnen gedeutet werden. Sie entstammen einer Abschmelzphase, die schliesslich zum ersten Hochwasser führte.

#### Die Oberen Schotter

Wie schon dargelegt, scheint deren Schüttung von Pfungen her wahrscheinlich. Dabei kann nicht ausgeschlossen werden, dass Schmelzwasser aus Richtung Süden die Sedimentation beeinflusst und Schottermaterial beigesteuert hat.

Das Histogramm der Zi-Werte einer Basisprobe der Oberen Schotter weist einen deutlichen ersten Nebenmodus auf (vgl. Fig.11). Dieser belegt die Aufarbeitung von glazigenem Material, das vermutlich der Groblage entstammt.

Die Groblage entstand während einer generellen Abschmelzphase des Gletschers. Dabei herrscht weder über deren Dauer, noch über die minimale Ausdehnung des Eises Klarheit. Im Kapitel C. wird eine räumliche Abgrenzung des Rhein-Thur-Lappens versucht.

Der unterste Teil der Schotter entstand wohl noch während des Zurückschmelzens des Gletschers. Ein erneuter Vorstoss ist aber durch die Abnahme der Zurundungswerte gegen das Dach hin belegt.

Aus Gründen, die im Kapitel. B.1.5. genannt werden, ist ein längeres Verweilen des Gletschers unterhalb Dättlikon, im Gebiet Kohlschwärze-Blindensteg, anzunehmen.

Die Aufschotterung endete rasch, ohne dass es zur Entstehung eines Rückzugsschotters kam. Dies dürfte auf eine grundsätzliche Laufänderung der Schmelzwasser zurückzuführen sein. Sie vermochten lediglich noch die nördlichsten, leider nicht aufgeschlossenen Teile des Embracher-Schotterfeldes umzugestalten. Ellenberg, 1972, interpretiert dieses heute etwa 4-5m tiefer liegende Gebiet nördlich der Bahnlinie als von der Töss eingetiefte Erosions-Terrasse.

#### Zusammenfassung

- Während eines Vorstosses des Rhein-Thur-Lappens von Pfungen her in seinen externsten Bereich wurden im Vorfeld die Unteren Schotter des Embracher-Schotterfeldes geschüttet.
- Der Gletscher breitet sich nach der Engstelle unterhalb Dättlikon fächerförmig aus und legt sich auf einen Teil der Vorstossschotter (Untere Schotter bei Embrach). Mächtigkeit und Eisbewegung sind gering. Basal melt-out till unterschiedlicher Fazies entsteht.
- Beim katastrophalen Auslaufen von Gletscherrandstauseen (Rumsttal - Dättlnau?) wird Glazialschutt und Rutschmaterial entlang des südlichen Eisrandes verschwemmt und als Groblage deponiert. In diesem Zusammenhang oder während vorangehender oder nachfolgender Abschmelzphasen wird ein Grossteil der Grundmoräne s.l. erodiert.
- Nach einer Abschmelzphase stösst der Gletscher nochmals vor, erreicht jedoch das Embracher-Schotterfeld nicht mehr. Seine Schmelzwasser schütten wenigstens teilweise die Oberen Schotter. Hierauf schmilzt der Gletscher bis östlich Winterthur zurück.

#### Schlussbemerkungen zum Kapitel B. 1.1.4.

Die hier vorliegende Rekonstruktion der Genese stellt einen Versuch dar. Für eine abschliessende Antwort ist eine gründliche Bearbeitung sämtlicher Ablagerungen im gesamten Embracher Schotterfeld notwendig. Dies war im Rahmen der vorliegenden Arbeit nur beschränkt möglich.

Es stellt sich in diesem Zusammenhang die Frage nach allfälligen Krustenbewegungen im Raume des Unteren Tösstales. Diese könnten zu Veränderungen der Abflussverhältnisse, der Einfallrichtungen von Terrassen etc. führen.

Wie im Kapitel B.3.2. erwähnt, zieht eine Hauptflexur von Embrach gegen Pfungen. Nach U. P. Büchi, 1958, entspricht die Flexur der Grenze zwischen dem Molassetrog s.str. und dem Schwarzwaldmassiv s.l. So könnte sich möglicherweise seit der Würmeiszeit der Molassetrog insgesamt gegenüber dem Schwarzwaldmassiv gehoben haben. Dies würde beispielsweise bedeuten, dass das Embracher Schotterfeld einst gegen Süden einfiel. Das gleiche gilt für die Stelzen-Terrasse (vgl. Kap. B.1.2.).

Rezente Krustenbewegungen konnte E. Gubler, 1976, anhand des Landesnivellementes belegen. Im Alpenraum erreicht die jährliche Hebung bei Brig den höchsten Wert mit 1.7mm. Bei Rümlang (?) hebt sich die Kruste, während sie bei Neuhausen absinkt (Hebungen und Senkungen beziehen sich auf die Referenzgruppen bei Aarburg - vgl. E. Gubler, 1976.).

Krustenbewegungen stellen möglicherweise einen nicht zu unterschätzenden Unsicherheitsfaktor dar.

## 1.2. Die Stelzen - Terrasse

Die markante Terrasse am rechten Abhang des untersten Tösstales erstreckt sich von Unter-Teufen etwa 2km gegen Südosten. In neueren Arbeiten (L. Bendel, 1923; A. Weber, 1928; R. Hantke, 1967; L. Ellenberg, 1972) wird sie dem Niveau des Embracher-Schotterfeldes zugeordnet und genetisch mit diesem verknüpft. Deshalb soll hier, obwohl ausserhalb des Arbeitsgebietes liegend, die Stelzen-Terrasse kurz besprochen werden.

### 1.2.1. Die Befunde

Die Terrasse ist nur bei Unter-Teufen (Koord: 684'750/267'250, 412) gut aufgeschlossen.

Unter ca. 2m feinkörnigen Schotters mit wenigen grösseren Steinen folgt ohne erkennbare Diskordanz schlecht sortiertes Material. In mittel bis schlecht gerundetem Schotter liegen viele Blöcke mit einem Durchmesser von bis 50cm. Die Blöcke sind in der Regel kantengerundet und ziemlich unregelmässig verteilt. Sie bestehen zu etwa 2/3 aus Molassematerial. Bei den alpinen Gesteinen handelt es sich zum grössten Teil um Material des Helvetikums. Nicht selten sind Sernifite und Taveyannazsandsteinbrocken. Die morphometrischen und petrographischen Werte sind in Fig. 12 dargestellt.

Auch Ellenberg, 1972, beschreibt den Aufbau dieser Grube, und er erkennt drei Groblagen. Sie sind heute nicht mit Sicherheit auszumachen.

### 1.2.2. Interpretation

A. Weber, 1928, und L. Ellenberg, 1972, erklären die Einlagerung von Blöcken durch Rutschungen und Abspülungen von den steilen Seitenhängen in die feinkörnigen Schotter hinein. L. Bendel, 1923, bezeichnet vermutlich dieselben Blockzonen als Moränen-einlagerungen. Danach hätte sich der Gletscher der Würmeiszeit bis Teufen ausgedehnt.

Die Stelzen-Terrasse etwa den Hochterrassen zuzuzählen, scheint infolge ihrer Höhenlage unwahrscheinlich, aber nicht ausgeschlossen.

Warum die Erklärungen der oben genannten Autoren nicht zu befriedigen vermögen, soll im folgenden dargelegt werden:

Gegen ein blosses Einschwemmen oder Hineinrutschen des Blockma-

terials von den benachbarten Hängen spricht:

- 1/4 bis 1/3 der Blöcke und Steine stammt nicht aus der Molasse. Wie aber kommen diese alpinen Gesteine an die Talhänge, von denen sie später in die Schotter hineinrutschen konnten? Sie müssten während der grössten Eiszeit dort deponiert worden sein. Damit lässt sich aber ihr ausgezeichnete Erhaltungszustand nicht vereinbaren.
- Die Blöcke sind zumeist kantengerundet. Sie sind also, wenn auch nur über kurze Strecken, fluviatil transportiert und/oder umspült worden.
- In vergleichbarer Lage (Schotterfeld am Fusse eines Steilhanges) fehlen Blöcke: So z.B. sind die Schotter des Winterthurer-Schotterfeldes, bei Pfungen am Fusse des Maltberges, frei von Blöcken.
- Wenn die seitliche Einschwemmung so intensiv gewesen wäre, würden wohl die grobblockigen Horizonte wie auch die Terrassenoberfläche stärker zur Töss hin einfallen.

Gegen eine in situ Ablagerung durch den Gletscher spricht:

- Die Blöcke sind zu gut gerundet und nur vereinzelt leicht geschrammt.
  - Es ist kein Grundmoränenmaterial, auch nicht reliktsch, zu erkennen.
  - Gerölle zwischen 2 und 7cm zeigen keine deutlichen Kratzer.
- Die momentan in der Kiesgrube bei Teufen aufgeschlossenen Ablagerungen können als fluviatil bis fluvioglazial bezeichnet werden. Grosse Wassermengen scheinen die Voraussetzung für die Bildung der Blockhorizonte darzustellen. Es ist nicht auszuschliessen, dass teilweise Blockmaterial von den Abhängen mit den Schottern vermischt wurde.

Wo lag nun der Gletscher während der Bildung der Stelzen-Terrasse?

Geht man davon aus, dass die Stelzen-Terrasse tatsächlich letzteiszeitlich entstanden ist, muss sie von der Maximallage aus geschüttet worden sein.

J. Hug, 1907, vermutet die Maximallage 0.5km südlich Rorbas. Folgendes spricht für diese Annahme:

- Ausbildung und Aufbau der Schotter der Stelzen-Terrasse,
- die reliktsch vorkommende Grundmoräne im nördlichen Embracher-Schotterfeld,
- Häufung von Erratikern südsüdwestlich von Rorbas (A.Weber, 1928).

Zwei wichtige Fragen konnten nicht beantwortet werden:

- Wurde die Stelzen-Terrasse evt. grösstenteils von Rüdlingen aus geschüttet?

L. Bendel, 1923, erwähnt einen Aufschluss 500m nördlich Unter-Teufen. Auf einer Höhe von 400m (alter Horizont) sei eine Seitenmoräne von frischem Aussehen zu beobachten. In den Lehm-schmitzen finde man sehr stark gekritzte Gerölle.

Nördlich Freienstein sind in einer Kernbohrung (P. A. Haldimann, 1978) Schotter aufgeschlossen worden, die ähnlich aufgebaut sind wie jene der Stelzen-Terrasse. Ihre Obergrenze liegt hier auf ca. 408m ü.M., bei Teufen auf ca. 412m ü.M. Wenn die Schotter nördlich Freienstein nicht stärker erodiert wurden oder abgerutscht sind, heisst dies, dass die Fortsetzung der Stelzen-Terrasse gegen Süden einfällt.

Die morphometrischen und petrographischen Untersuchungen (dargestellt in Fig. 12) lassen keinen eindeutigen Schluss zu.

W. A. Keller, 1977, nennt teilweise ähnliche Werte für das Linth- und Rheinerratikum. Aber auch im Embracher-Schotterfeld treten Sedimente mit entsprechender petrographischer Zusammensetzung auf.

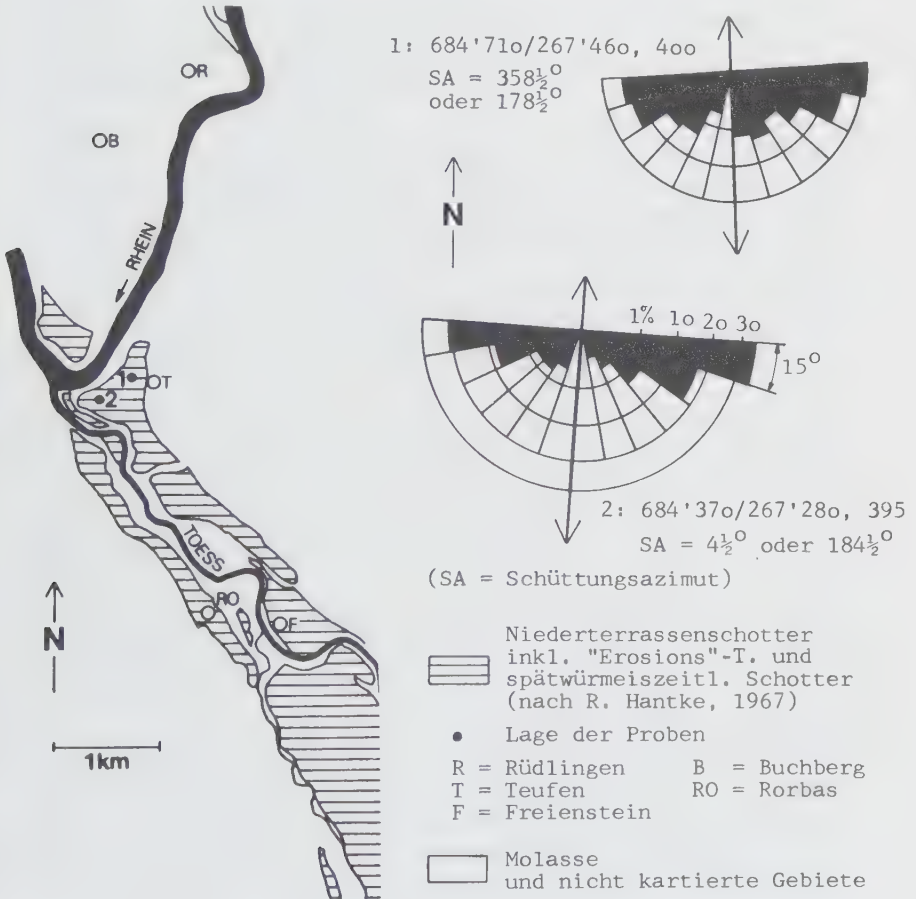


Abb. 9 : Kiesgrube bei Unter-Teufen (Koord: 684'750/267'250)  
Blick gegen SW, Situation im Frühling 1977

Auch mit Einregelungsmessungen kann in diesem Fall die Schüttungsrichtung kaum bestimmt werden. Dies ergaben zwei Probenmessungen in den Schottern der Stelzen-Terrasse (vgl. Fig. 14). Bei entsprechendem Mäandrieren der Schmelzwasserläufe ist eine Schüttung sowohl von Norden als auch von Süden her denkbar.

- Wie stark sind die Gefällsverhältnisse durch Krustenbewegungen verändert worden (vgl. Kap. B.1.1.4.)?

Fig. 14: EINREGELUNGSMESSUNGEN IN DER STELZEN-TERRASSE



### 1.3. Das Tal zwischen Dättlikon und Freienstein

A. Heim, 1919, L. Bendel, 1923, und A. Weber, 1928, postulieren einen Schotterstrang zwischen Dättlikon und Freienstein.

A. Weber, 1928, bringt die Schotter bei Dättlikon damit in Zusammenhang und vermutet die Molasseunterlage derselben tiefer als 400m ü.M.

L. Ellenberg, 1972, schliesst sich den genannten Autoren an und erwähnt Schotter von eisrandnaher Fazies in einem Anriss der Riethalde.

Hydrogeologische Untersuchungen (4 Kernbohrungen wurden abgeteufte), die von Dr. P. A. Haldimann (Mitarbeiter des Büros von Prof. Dr. H. Jäckli) 1978 durchgeführt wurden, haben u.a. folgendes ergeben:

- Von einer durchgehenden Rinne zwischen Dättlikon und Freienstein kann nicht die Rede sein. Die Molasseoberfläche liegt nördlich Geltenbüel auf 427m ü.M. und fällt mit etwa 1-3% gegen WNW ein.
- Nördlich Geltenbüel liegt auf der Molasse ein 2m mächtiges Schotterpaket. Darüber folgen in der unteren Hälfte ein Sediment, das als Grundmoräne bezeichnet werden kann, und im oberen Teil Schwemmlehme.
- Gegen Westen werden die Schotter rasch mächtiger, während die Grundmoräne nicht mehr zu erkennen ist.
- Auf der Höhe des Burghügels Freienstein schliesst ein an der Oberfläche nicht erkennbares Hindernis das Tal gegen Nordwesten ab, so dass das Grundwasser etwa auf der Höhe des Jugendheimes nach Freienstein hin abfließt.

Was die von L. Bendel, 1923, und A. Weber, 1928, erwähnten Schotter bei Dättlikon betrifft, so liess sich folgendes erkennen: Lediglich an zwei Stellen waren Schotter aufgeschlossen, die über dem heutigen Talboden liegen:

- bei Eich (Koord: 689'900/264'150, 398-400): verkitteter Schotter mit Groblage aus kantengerundeten und gerundeten, bis über kopfgrossen Steinen; bedeckt mit Grundmoränenmaterial (1976 beim Strassenbau 20m östlich des Aufschlusses zu beobachten),
- beim Friedhof von Dättlikon (Koord: 689'150/264'300, 406-411): lockerer, nicht geschichteter, feinkörniger Schotter, überwiegend gut gerundet.

Einige Schotterrelikte liegen am Abhang, ohne dass mit Bestimmtheit gesagt werden kann, ob sie Kontakt zum "Anstehenden" haben oder abgerutscht sind.

Während des Baues einer Strasse war die Schotteroberfläche westlich Eich aufgeschlossen, und man konnte beobachten, dass die Schotter dort meterdick mit Gehängelehm und -schutt bedeckt sind.

Ob die beiden Schotter (bei Eich und im Gebiet des Friedhofes von Dättlikon) zusammenhängen, konnte nicht geklärt werden.

Sicher ist die morphologische Terrasse bei Dättlikon nur mit geringmächtigen Schotterablagerungen bedeckt. Eindeutige Grundmoräne konnte dort nicht gefunden werden.

In den Bachtobeln kann beobachtet werden, wie die Molasse nahe an die Oberfläche tritt:

- im Bachtobel Steinler (Koord: 688'700/264'500): Molasseoberfläche auf ca. 416m ü.M.
- im Bachtobel südwestlich des Schulhauses Dättlikon (Koord: 688'950/264'300): Molasseoberfläche auf ca. 405m ü.M.
- im Bachtobel unterhalb des Friedhofes Dättlikon (Koord: 689'100/264'250): Molasseoberfläche auf ca. 406m ü.M.

#### 1.4. Das Tösstal bei Pfungen

##### 1.4.1. Die Kiesgrube Rietli (Koord: 689'750/263'300, 428)

Die kleine Kiesgrube befindet sich ca. 30m südlich der Bahnlinie oberhalb der Kiesgrube Briner (vgl. Fig. 15).

Unter einer geringmächtigen Verwitterungszone liegen vorerst einige Dezimeter feinkörnigen Schotters, der fluviatil geprägt ist.

In der kontinuierlichen Fortsetzung nach unten treten immer häufiger grosse Steine und Blöcke bis 1/4 m<sup>3</sup> auf. Die Steine sind kantengerundet, die Blöcke kantig oder leicht kantengerundet und teilweise geschrammt. Die grössten Blöcke bestehen aus Material alpinen Ursprungs (Gneise, Amphibolite, Ilanzer Verrucano). Damit unterscheidet sich diese Groblage hier in petrographischer Hinsicht eindeutig von jener bei Embrach; dort bestehen bis zu 80% der grossen Blöcke aus Molassematerial. Weiter ist jene bei Embrach bedeutend deutlicher gegenüber dem Liegenden und Hangenden abgrenzbar.

In diesen obersten Lagen in der Rietli-Kiesgrube ist keine Schichtung zu erkennen.

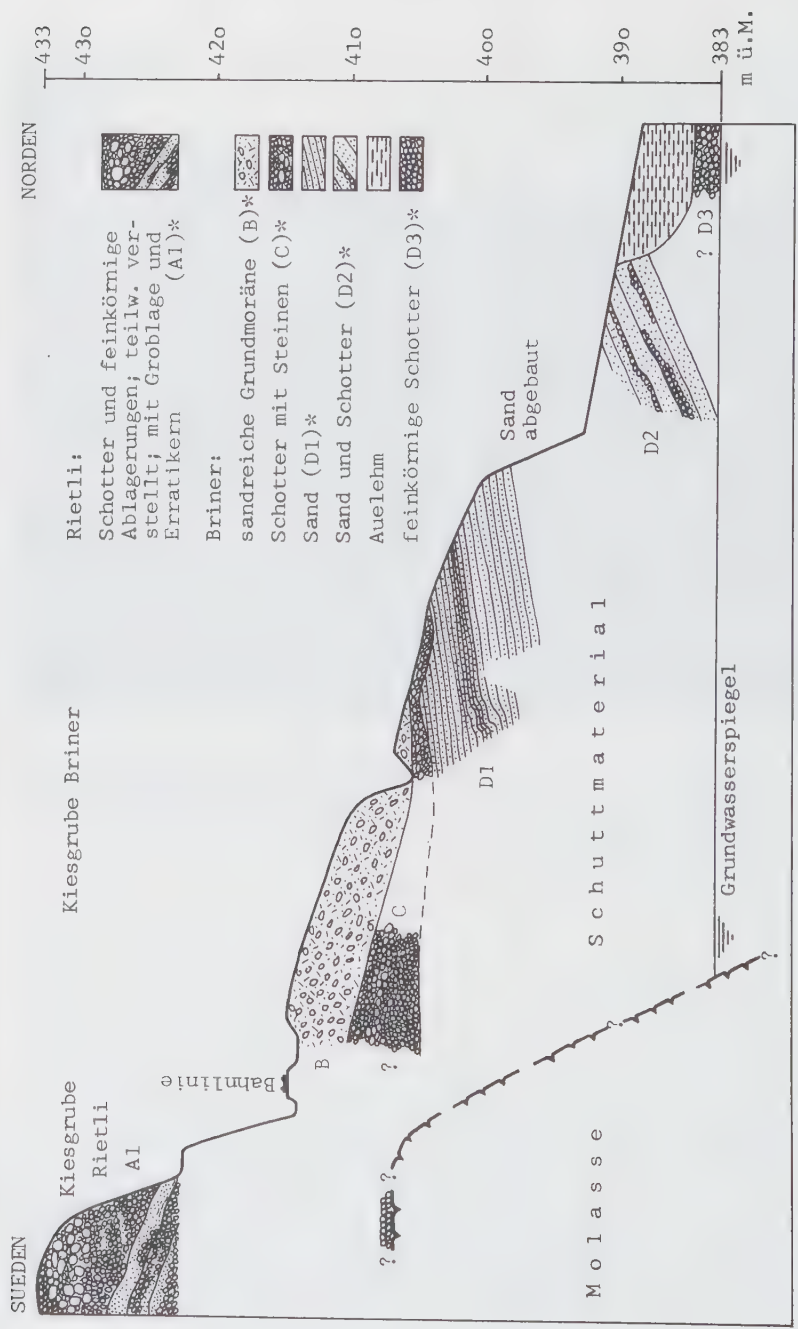
Im Bereich der untersten 3m des Aufschlusses (im Liegenden des blockreichen Materials) sind in der Ost- und Südwand gut geschichtete Ablagerungen anstehend: Sand, Silt, Ton und feinkörniger, ebenfalls fluviatil geprägter Schotter. Die Kiesfraktion überwiegt dabei mengenmässig; grössere Steine oder gar Blöcke fehlen. Die Untergrenze ist nicht aufgeschlossen.

Von besonderem Interesse ist der Verlauf der Schichten. Diese sind postsedimentär durch kompressive Vorgänge verstellt (vgl. Abb. 10).



Abb. 10: Kiesgrube Rietli, Ostwand (Koord: 689'750/263'300, 428):  
Unter blockreichem Schotter (Der grösste Teil der Grob-  
lage ist bereits abgetragen.) liegen verstellte Schot-  
ter- und Sandschichten.

Fig. 15 : PROFIL DURCH DIE AUFGESCHLOSSENEN QUARTÄREN ABLAGERUNGEN WESTLICH PFUNGEN



ca. 200 m

\* entspricht den Bezeichnungen in Abb. 12 und Fig. 2o

#### 1.4.2. Die Kiesgrube Briner (Koord: 690'100/263'350, 400)

Diese Grube liegt am Westrand des Dorfes Pfungen an der Strasse nach Embrach. Der Abbau ruht seit rund zwei Jahren, und immer mehr Schuttmaterial verwehrt den Einblick in den interessanten Aufbau.

Die Sedimentabfolge beginnt oben mit einer Zone von gelblich beiger Farbe. Sie ist aus kantigen und kantengerundeten (vgl. Fig. 16), oft gekritzten Gesteinen (mit gut 50% Molassematerial der Umgebung) und einer sandigen Grundmasse aufgebaut. Dieses etwa 4m mächtige, grundmoränenartige Sediment geht gegen unten in einen feinanteilarmen Schotter (Fraktion 2-7cm eindeutig fluviatil geprägt) über, worin sich bis kopfgrosse, kantengerundete Steine ohne Kratzer befinden. Der Uebergang erfolgt auf kurze vertikale Distanz, aber ohne erkennbare Diskordanz. Die Mächtigkeit dieses unteren Sedimentes nimmt gegen Süden leicht zu. Seine Basis verläuft an der Ostwand etwa horizontal, also diskordant zu den liegenden Sanden (vgl. Fig. 15).

Diese Sande sind gut geschichtet und fallen in der Schnittebene der Ostwand mit einigen Graden gegen Süden ein (Diskussion im Kap. B.1.5.3). Gegen unten schalten sich in die Schichten feinkörnigen Sandes zunehmend auch Komponenten der Kiesfraktion ein. Im nördlichen Teil der Ostwand ist in den unteren Partien zusätzlich eine deutliche Verstellung erkennbar.

Im Ostteil der Grube beobachtet man feinkörnige, ungestörte Schotter zwischen dem Auelehm und dem Grundwasserspiegel. Im Westteil sind die Lagerungsverhältnisse unklar. Diese über der Grundwasseroberfläche ca. 3 m mächtigen Schotter sind eindeutig fluviatil geprägt (vgl. Fig. 16) und werden gelegentlich durch Sandbändchen unterbrochen. Leider ist der Kontakt zum Hangenden (die oben erwähnten verstellten Sande und Schotter) nicht aufgeschlossen.

Der geologische Aufbau unterhalb des Grundwasserspiegels lässt sich nicht sicher rekonstruieren. Schilderungen am Abbau beteiligter Personen, eine Sondierbohrung (leider nicht mehr genau lokalisierbar) und eigene Beobachtungen ergeben folgendes Bild: Der feinkörnige Schotter setzt sich nach unten fort. Ca. 2m unter dem mittleren Stand des Grundwassers beginnt eine 2m mächtige Groblage. Diese liegt auf Feinsand, der mit wenig Schotter

durchsetzt ist. Darunter folgen ca. 8m Schotter, dann eine 70cm mächtige Schicht mit gelblichem, leicht sandhaltigem Lehm und schliesslich nochmals ca. 9m Schotter. Im Bohrprotokoll der Sondierbohrung (Kiesgrube Briner in Pfungen, 1969) wird erwähnt, dass diese beendet werden musste, weil man auf einen Findling gestossen war.

So wie der oben erwähnte Lehm beschrieben wird, dürfte es sich dabei um eine Seebodenablagerung handeln und kaum um eine Grundmoräne.

Die Grube wurde mit dem Schwimmbagger bis maximal auf die Kote 367m ü.M. hinunter ausgebeutet. In dieser Tiefe stiess man auf eine kompakte Feinsandschicht ("Schliesand"), die nicht durchstossen werden konnte. Möglicherweise handelt es sich dabei um die erwähnte Lehmschicht, die sich laut Bohrprotokoll in dieser Tiefe befindet.

Abb. 11: Kiesgrube Briner, Ostwand (Koord: 69°10'00"/263°35'00", 405):  
Kontakt Grundmoräne - Schotter - Sand

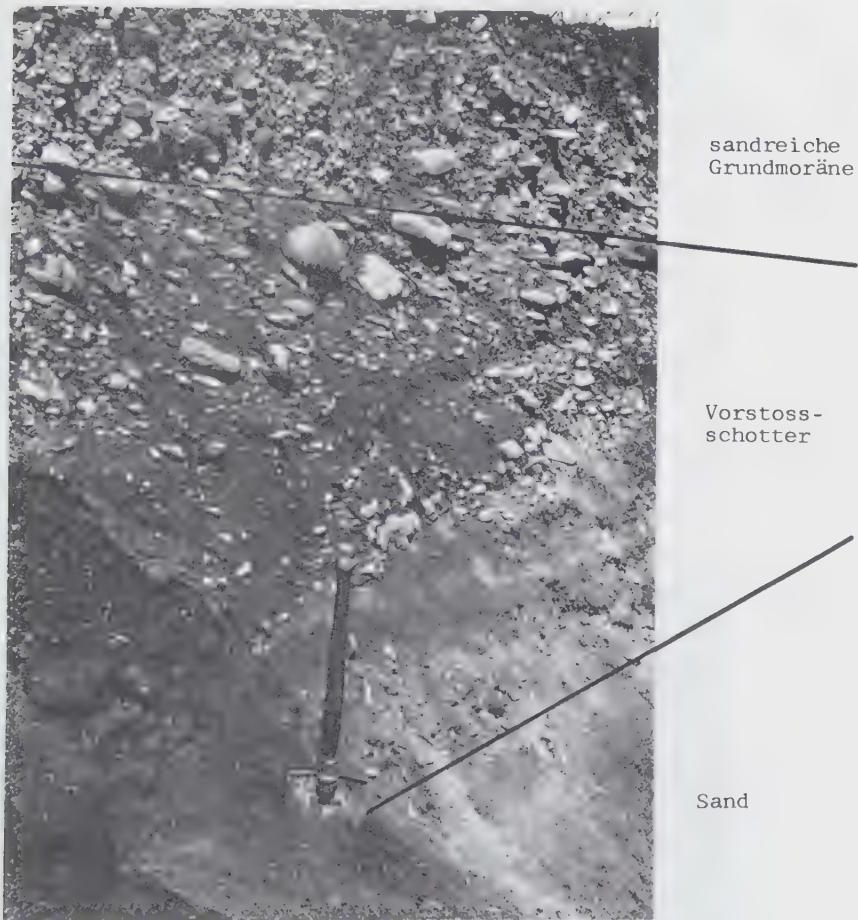




Abb. 12: Kiesgrube Briner, Ostwand (Koord: 69°10'00/263'350, 400):  
Blick gegen Nordwesten, Situation 1977

B = sandreiche Grundmoräne mit viel Molassematerial

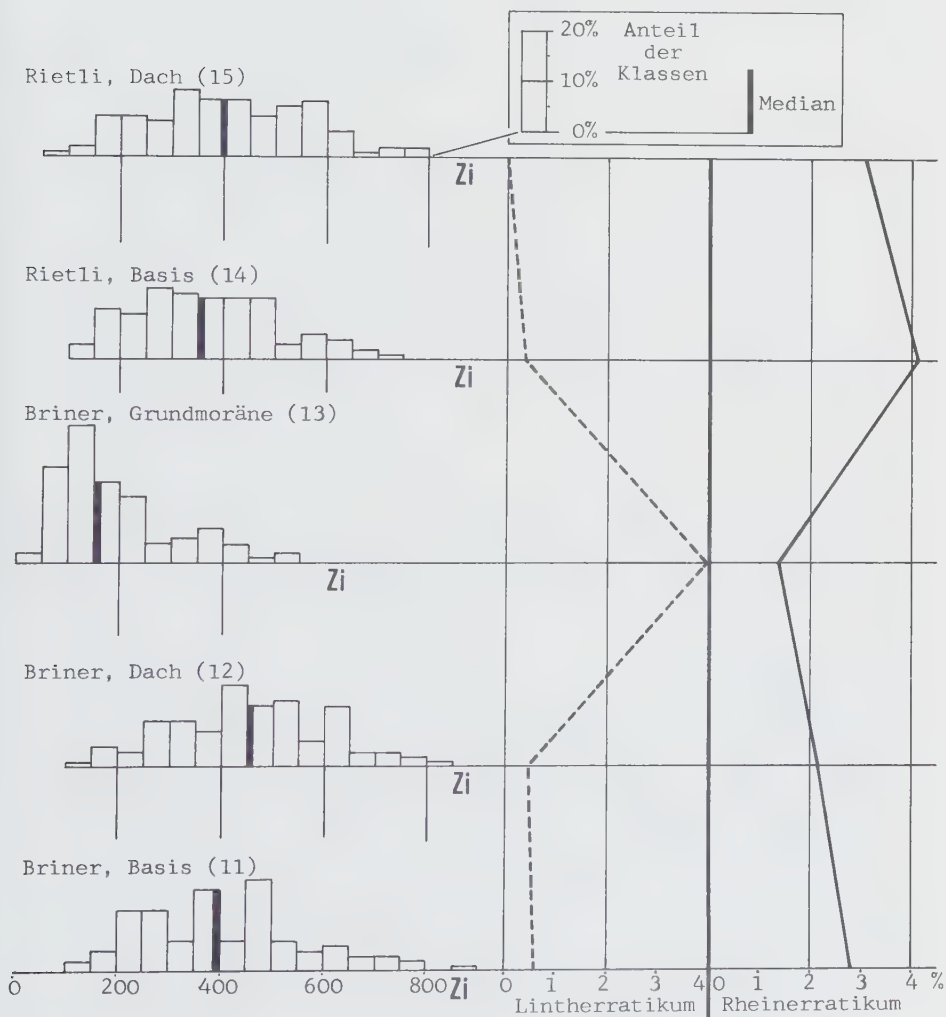
C = Schotter mit grossen, meist kantengerundeten Steinen (max. 30cm gross);  
Vorstosschotter, diskordant auf D1

D1 = Sand, leicht gegen Süden einfallende, verstellte Schichten

D2 = Sand- und Schotterbändchen, verstellt

Fig. 16: ZURUNDUNGSWERTE UND VERTEILUNG DES ERRATIKUMS

Proben aus den Kiesgruben Briner und Rietli: 11 - 15



### 1.4.3. Kiesausbeutung in der untersten Tössallmend

(Koord: 689'200/263'950, 377)

Im Zuge der Kiesausbeutung (unter dem Grundwasserspiegel, mit Schwimmbagger) konnte, ergänzt durch die Aussagen des Baggerführers, ein Bild über den Aufbau der Talfüllung gewonnen werden.

Die obersten 10m werden durch einen fein- bis mittelkörnigen Schotter aufgebaut. Gegen unten treten immer häufiger grosse Steine und Blöcke auf. Die Schotter setzen sich stellenweise bis 14m unter den Grundwasserspiegel fort. Wenige Meter daneben können sie in einer Tiefe von etwa 10m von einer Lehmschicht unterlagert sein, auf der Erratiker liegen. Wird diese 1 bis 2m mächtige Lehmschicht, die nur reliktsch vorhanden ist, durchbrochen, so folgt darunter wieder Schotter. Ob es sich beim Lehm um Grundmoränenmaterial oder um Seeton handelt, konnte mangels Probenmaterials nicht entschieden werden.

Total konnten 39 Erratiker bestimmt werden. Der grösste Block mass 0.8 m<sup>3</sup>, die mittlere Grösse lag etwa bei 1/3 m<sup>3</sup>. Das Rheineratikum herrschte eindeutig vor, doch fand sich auch ein prächtiger Sernifitblock (vgl. Kap. A.4.1.).

Grobe petrographische Einteilung der Erratiker:

| Erratiker               | Anzahl |
|-------------------------|--------|
| Ilanzer Verrucano       | 10     |
| helle Gneise            | 7      |
| Rofnaporphyr            | 3      |
| Amphibolit              | 3      |
| Puntegliasgranit        | 2      |
| Gesteine aus dem Flysch | 6      |
| Molassematerial         | 6      |
| Diorit                  | 1      |
| Sernifit                | 1      |

#### 1.4.4. Die Lehmgrube Bruni (Koord: 691'400/263'650, 400)

Die Grube der Ziegelei Keller liegt am Ostrand des Dorfes Pfungen. Zwei besonders wichtige Elemente der Talfüllung sind hier aufgeschlossen:

- die Schotter, die den Talboden von Neftenbach bis Seuzach und von Wülflingen bis Oberwinterthur bilden,
- die "Pfungener-Schicht".

##### Die Schotter

Ihre annähernd horizontale Oberfläche liegt auf 411m ü.M. Im Bereich der Lehmgrube sind sie von einer Verwitterungsschicht bedeckt, im Süden, am Fuss des Murtberges, liegen einige Meter Gehängelehm darüber. Auf ca. 400m ü.M. liegen die Schotter direkt der "Pfungener-Schicht" auf.

Die 11m mächtige Schotterlage ist geschichtet, sehr homogen aufgebaut, und die einzelnen Komponenten sind eindeutig fluvial geprägt (vgl. Fig. 17).

##### Die "Pfungener-Schicht"

Vorbemerkungen:

Früher wurde die "Pfungener-Schicht" an verschiedenen Stellen zwischen Neftenbach und Pfungen ausgebeutet. Heute beschränkt sich der Abbau zur Ziegelherstellung auf die Lehmgrube Bruni. Verschiedene Bohrungen zwischen Winterthur und Blindensteg (M. Lugeon, 1907; M. Steffen, 1964; H. Jäckli, 1974) erschlossen unter Schottern die feinkörnigen Sedimente der "Pfungener-Schicht". Die Korngrösse des Materials reicht vom Ton bis zum Sand, stellenweise befinden sich gar Steine darin (möglicherweise von den Seitenhängen hineingerutscht oder mit schwimmenden Eisschollen herantransportiert; vgl. M. Steffen, 1964). Im Gegensatz zu dem in dieser Gegend häufigen Gehängelehm handelt es sich bei der "Pfungener-Schicht" um Seeablagerungen (J. Weber, 1924; M. Steffen, 1964).

Die "Pfungener-Schicht" in der Lehmgrube Bruni:

Nur hier ist die "Pfungener-Schicht" noch aufgeschlossen.

Unter ca. 1m gelblichem, magerem wird bläulicher, fetter "Ton" abgebaut. Die Untergrenze wird auch nach etwa 10m nicht erreicht. M. Steffen, 1964, zitiert Analysen, die von Dr. H. Andresen durchgeführt wurden:

Korngrössenanalyse der "Pfungener-Schicht" (Probe aus dem Gebiet des Hardholzes): Ton 25%, Silt 40%, Sand 35%

Pollenanalytische Untersuchungen:

Nach der Anreicherung mit Entkalkung, Entfernung der Kieselsäure und Azetolyse enthielten 6 Deckgläser (18/18 mm):

- 5 Pollenkörner von Pinus
- 2 Pollenkörner v. Gramineae
- 3 Pollenkörner v. Cyperaceae
- 1 Farnsporn (?)
- 4 unbekannte Nichtbaumpollen

Steffen weist auf die ungewöhnliche Pollenarmut und das Vorherrschen von Nichtbaumpollen hin und deutet die "Pfungener-Schicht" als "Absatz von Gletschermilch".

Obwohl wir uns hier vorläufig der Interpretation von Steffen anschliessen, muss doch beachtet werden, dass die Pollenarmut auf ungünstige klimatische Verhältnisse oder auf einen Zerfall der abgelagerten Pollen zurückgehen kann. Erst ausgedehntere pollenanalytische Untersuchungen könnten endgültig Klarheit über die klimatischen Verhältnisse während der Genese der "Pfungener-Schicht" schaffen.

Für das Pfungener Lager Bruni gibt Lugeon, 1907, folgende Zusammensetzung an:

38 bis 42% Kalk und 4.6 bis 6.2% Dolomit.

Laut einer schriftlichen Mitteilung der Keller AG, Ziegeleien, vom Dezember 1978, wurden in den zurückliegenden ca. 25 Jahren nie Holz oder Knochen gefunden.

#### 1.4.5. Verbreitung der "Pfungener-Schicht"

Beschaffenheit, sowie Ausdehnung und Mächtigkeit dieses Sedimentes sind schon von verschiedenen Autoren beschrieben worden. (Die umfangreichste Untersuchung stammt von M. Steffen, 1964.)

Man spricht gelegentlich auch von "Pfungener-Lehm". Obwohl man den Lokalnamen Pfungen verwendet, weiss man schon lange, dass die "Lehmschicht" sich weit über Pfungen hinaus erstreckt. Nach Steffen findet man die Schicht wie folgt verbreitet (vgl. Fig. 18): Von Pfungen bis Oberwinterthur, nicht aber ins Schlosstal hinein. Die Fortsetzung in Richtung Neftenbach und Blindensteg (unterhalb Dättlikon) ist unsicher.

Die Oberfläche der "Pfungener-Schicht" fällt von ca. 450m ü.M. auf etwa 400m ü.M. bei Pfungen ab.

Eine Besonderheit (Unregelmässigkeit) stellt das ca. 65m tiefe Loch in der Oberfläche der "Pfungener- Schicht" im Niderfeld (Koord: 693'15o/263'25o, 415) dar. Der Durchmesser desselben dürfte im Niveau der Schichtoberfläche ca. 1km betragen. Die sonderbare Vertiefung ist, wie aus Bohrprotokollen ersichtlich, vollständig mit Schottermassen gefüllt und geht nach M. Steffen, 1964, möglicherweise auf eine Toteismasse zurück.

Die "Pfungener-Schicht" ist stets mit mehr oder weniger mächtigen Schottern bedeckt (wenige Meter im Gebiet der Tössallmend nordöstlich Pfungen, ca. 90m im nördlichen Niderfeld bei Wülflingen).

Von Tössfeld (Grobkoord: 69o'6oo/264'ooo, 395) bis Tössallmend (Grobkoord: 69o'ooo/264'ooo, 376) liegen unter Schottern lehmfreie Sande und Silte; Tonanteil nirgends grösser als 5 - 8% (nach Baugrunduntersuchungen des geotechnischen Büros von Prof. Dr. H. Jäckli, 1974). Sie sind als Teil der lithostratigraphischen Einheit "Pfungener-Schicht" aufzufassen und genetisch mit diesen verwandt (vgl. Kap. B.1.1. und Kap. B.1.5.2.).



Abb. 13: Lehmgrube Bruni (Koord: 691'4oo/263'65o, 4oo):  
Blick gegen Südwesten  
S = Schotter, L = "Pfungener-Schicht"

Fig. 17: ZURUNDUNGSWERTE UND VERTEILUNG DES ERRATIKUMS

Proben aus der Kies-  
grube Bruni: 9 und 10

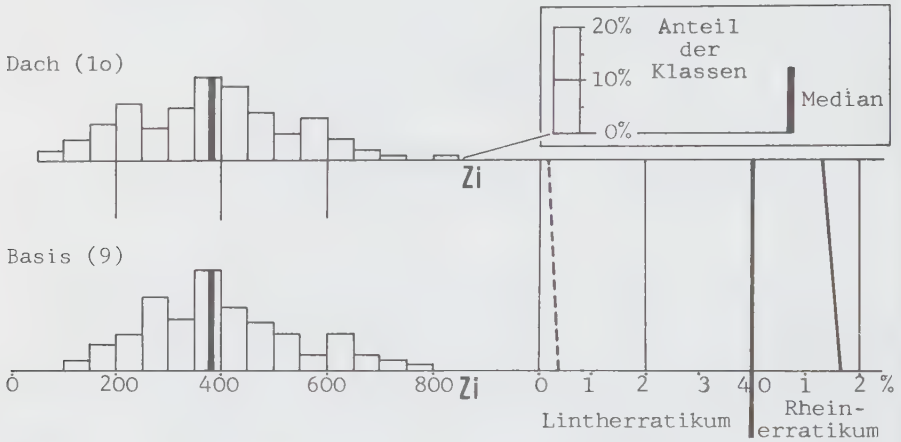
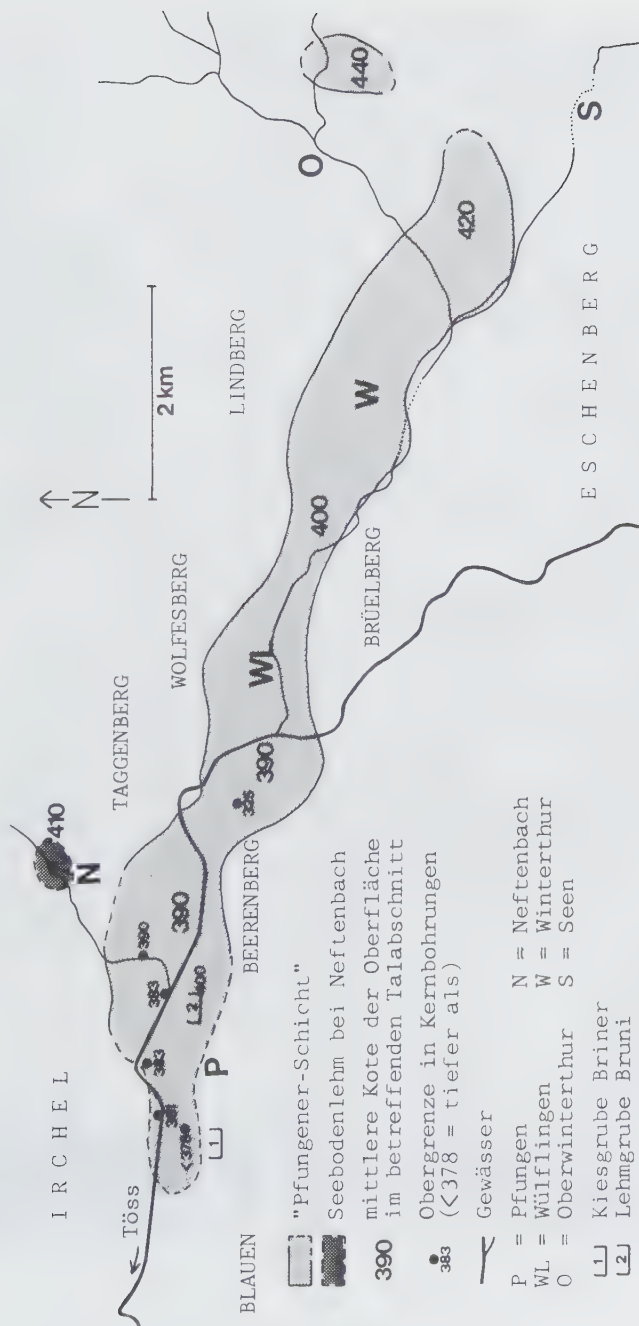
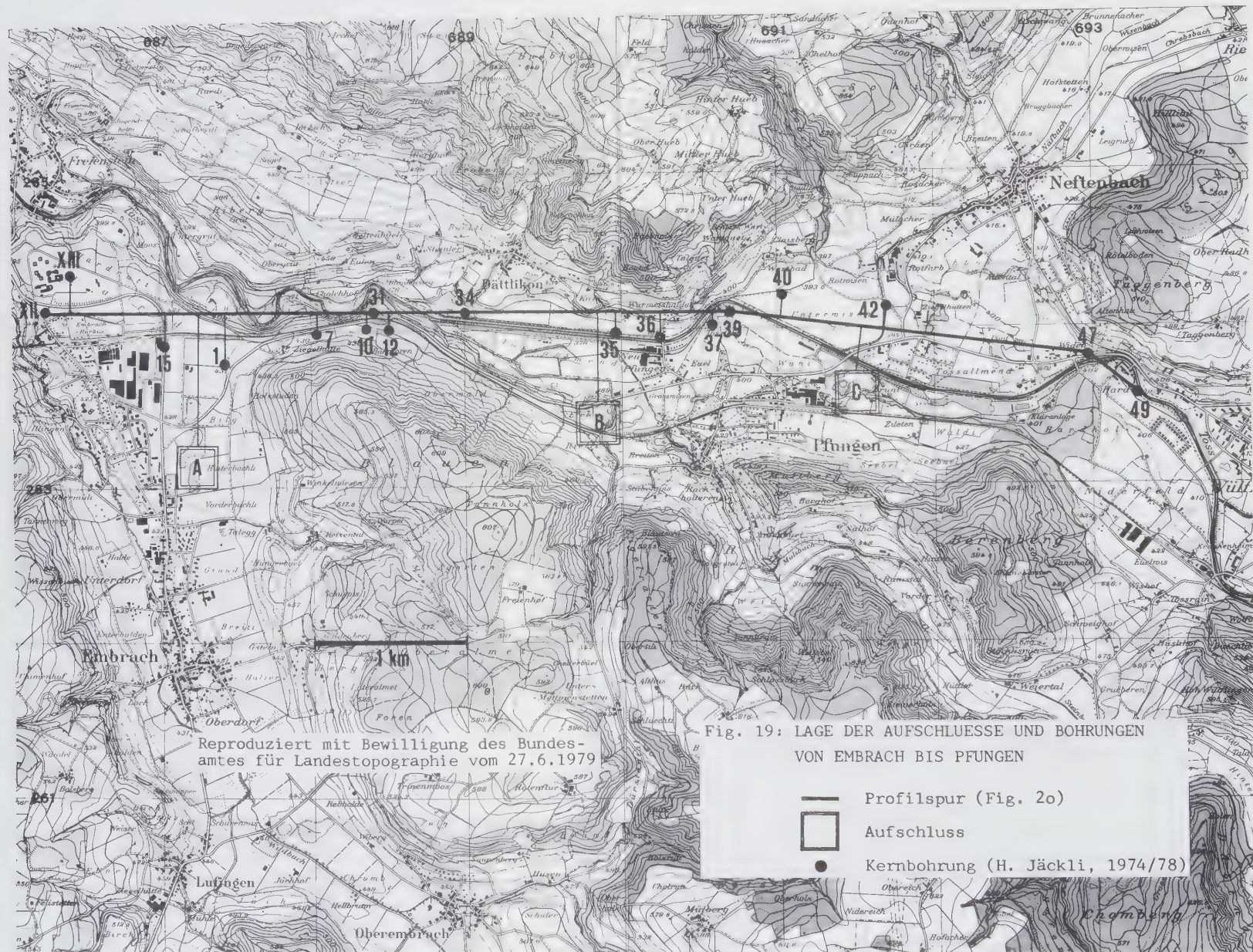
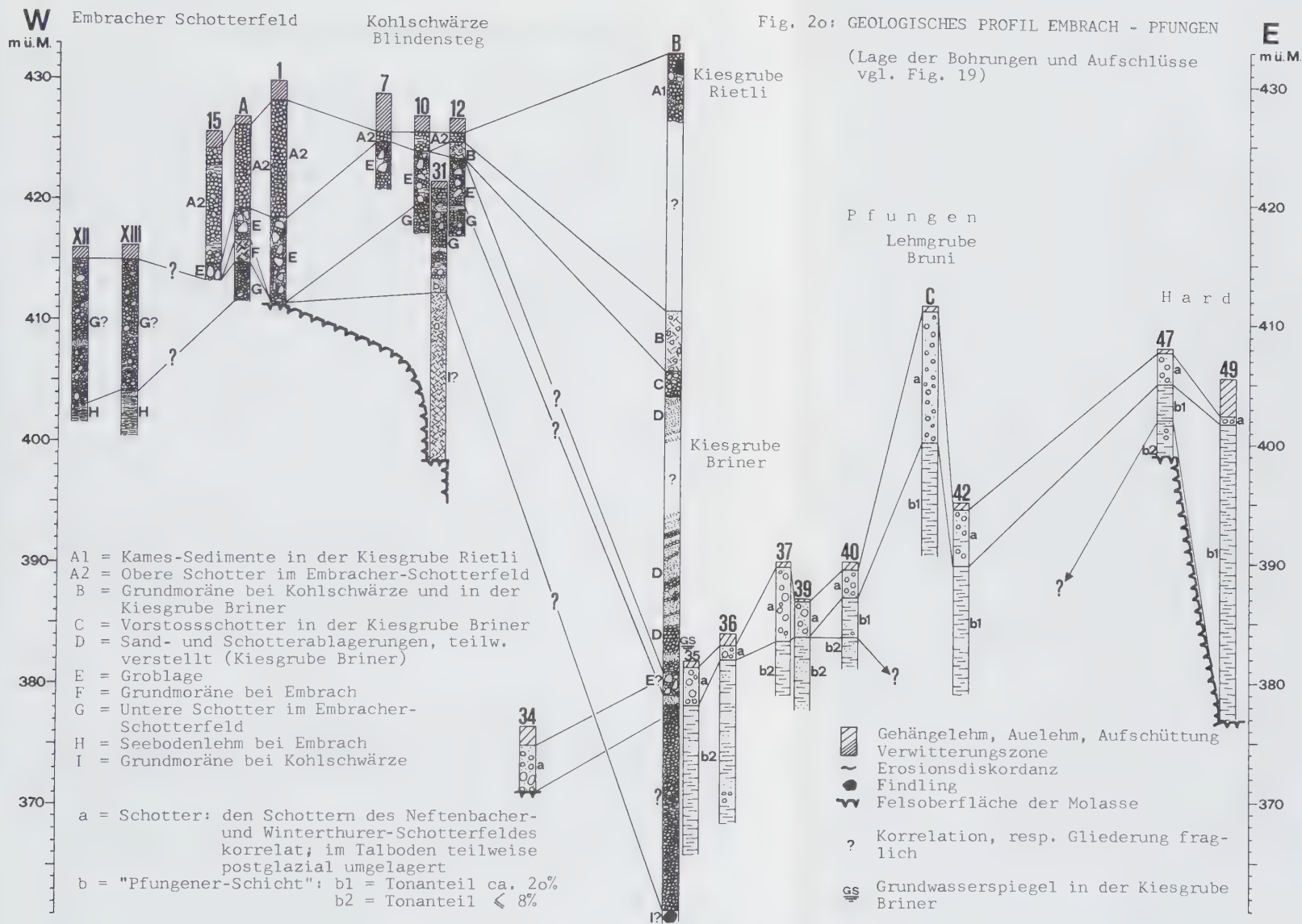


Abb. 14: Lehmgrube Bruni, Nordwand (Koord: 691'500/263'550,402):  
Schotter ("Sander"?) im Hangenden der "Pfungener-  
Schicht"

Fig. 18: VERBREITUNG DER "PFUNGENER-SCHICHT"  
(nach M. Steffen, 1964, und eigenen Aufnahmen)







## 1.5. Landschaftsgeschichtliche Folgerungen im Kerngebiet

### 1.5.1. Geomorphologie

Das Tösstal erstreckt sich zwischen Wülflingen und Dättlikon etwa in Ost-West-Richtung. Zu beiden Seiten steigen Molassehöhen an. Seitentäler mit ausgedehnten Schotterflächen münden bei Neftenbach aus Nordosten und bei Embrach aus Süden.

Von Kohlschwarze - Blindensteg bis Rorbas - Freienstein fliesst die Töss durch einen schluchtartigen Talabschnitt.

Von Wülflingen an talaufwärts gestaltet sich die Situation wesentlich komplizierter: Verschiedene ältere Tössrinnen und Schmelzwassertäler lassen sich erkennen (vgl. M. Steffen, 1964, und F. Kaiser, 1972). Dazu gehört auch die bei Pfungen mündende Rinne Dättnau - Rumstal.

Weite Schotterflächen weist das sich über Winterthur gegen Oberwinterthur und Seen erstreckende Tal auf. In dieses münden von Norden zwei Seitentäler, das eine bei Wülflingen, das andere bei Veltheim.

Während im Gebiet von Winterthur die Schotter der Talsohle der Akkumulationsoberfläche entsprechen, sind sie von Wülflingen an talabwärts spät- und postglazial immer stärker ausgeräumt worden. Am besten sind die komplizierten gegenseitigen Beziehungen zwischen Akkumulationsterrasse und den verschiedenen Erosionsterrassen bei Pfungen zu beobachten (vgl. U. Käser, 1975 und Fig. 8 ).

### 1.5.2. Lithostratigraphie

Im folgenden werden die lithostratigraphischen Einheiten der aufgeschlossenen quartären Ablagerungen im Raum Embrach - Pfungen im Ueberblick zusammengestellt und deren Korrelationsmöglichkeiten diskutiert.

Die Ausführungen beziehen sich auf Fig. 20: Geologisches Profil Embrach - Pfungen.

#### Zur Lithostratigraphie im Embracher-Schotterfeld

Im Detail ist die lithostratigraphische Gliederung der Sedimente im nördlichen Embracher-Schotterfeld im Kap. B. 1.1. dargestellt. Zusammenfassend sind die lithostratigraphischen Einheiten in ihrer stratigraphischen Position wie folgt aufgeschlossen (von oben nach unten):

- Obere Schotter
- Groblage
- Grundmoräne
- Untere Schotter

Die Einstufung der in Kernbohrungen (XII/XIII, nördlich Embrach) aufgeschlossenen Schotter und des liegenden Seebodenlehms ist unklar. Vermutlich handelt es sich bei diesen Schottern um einen Teil der Unteren Schotter. In Kap. B. 1.1.4. wurden diese als Vorstossschotter interpretiert. In Bohrung XII ist tatsächlich eine Basisgroblage (5m sandreicher Kies mit einzelnen Blöcken bis 15cm Durchmesser) zu beobachten (ein Kriterium für einen Vorstossschotter; Ch. Schlüchter, 1976). Es könnte sich dabei um ein Erosionsrelikt zumindest gletschernah abgelagerten Materials handeln. Da die Groblage jedoch nur in Bohrung XII vorhanden ist, kann ihre Bedeutung nicht weitergehend beurteilt werden.

Bei Kohlschwärze - Blindensteg, am nordöstlichen Rand des Embracher-Schotterfeldes, lassen sich von oben nach unten folgende lithostratigraphische Einheiten erkennen:

- Obere Schotter
- Obere Grundmoräne  
(Bohrung 12; 1m mächtig)
- Groblage
- Untere Schotter
- Untere Grundmoräne  
(B. 31; 13m mächtig, direkt auf der Molasse)

Die Gliederung der Sedimente in Bohrung 31 ist schwierig. Deutlich erkennt man die Grundmoräne. Darüber liegen Schotter mit einer grobkörnigeren Partie an der Basis und einer lehmreichen etwas oberhalb der Mitte. Es muss aufgrund der Lage der Bohrung 31 (vgl. Fig. 19 und Fig. 20) und der Abfolge in den zitierten Aufschlüssen angenommen werden, dass ein Teil der akkumulierten Sedimente erodiert oder denudiert wurde.

Die Groblage ist die auffälligste und am besten zu definierende und zu verfolgende lithostratigraphische Einheit. Sie ist deshalb der Bezugshorizont für die folgende Korrelation:

EMBRACH

KOHLSCWAERZE - BLINDENSTEG

|                 |                    |
|-----------------|--------------------|
| Obere Schotter  | Obere Schotter     |
| -----           | Obere Grundmoräne  |
| GROBLAGE        | GROBLAGE           |
| Grundmoräne     | ?                  |
| Untere Schotter | Untere Schotter    |
| ?               | Untere Grundmoräne |
| ?               | Molasse            |

Zur Lithostratigraphie im Tösstal bei Pfungen

Westlich des Dorfes Pfungen (Kiesgruben Rietli und Briner, Fig. 15) folgen von oben nach unten die lithostratigraphischen Einheiten:

Rietli: - Kames-Schotter mit Groblage und Erratikern



Briner: - sandreiche Grundmoräne

- Vorstossschotter

- verstellte Sande mit Kieslagen

- untere, feinkörnige, ungestörte Schotter

≡ Grundwasserspiegel

- Groblage

- Feinsand

- Schotter

- Lehm (Seebodenlehm?)

- Schotter

- Erratiker



Gliederung fraglich

Oestlich des Dorfes erkennt man in der Lehmgrube Bruni nur zwei lithostratigraphische Einheiten (vgl. Kap. B. 1.4.4. und Fig. 20):

- Schotter des Winterthurer- und Neftenbacher-Schotterfeldes (eine Akkumulationsoberfläche bildend)

- im Liegenden die "Pfungener-Schicht" (mit silt-, sand- und geröllreichen Partien)

- Molasse ?

Zur genetischen Chronologie sei folgendes bemerkt: Die in der Lehmgrube Bruni aufgeschlossenen Schotter sind extramoränisch abgelagert und nicht mehr vom Eis überfahren worden. Sie gehören zur letzten glazial beeinflussten Akkumulationsphase in diesem Raum und sind demnach jünger als die lithostratigraphischen

Einheiten in den Kiesgruben Rietli und Briner. Dort sind die obersten Einheiten der akkumulierten Abfolge noch rand- und subglazial entstanden (belegt unter anderem durch das Vorhandensein von Erratikern).

Ob die Bildung der "Pfungener-Schicht" unmittelbar vor der Ablagerung der hangenden Schotter erfolgte (nach einer kurzen zwischengeschalteten Erosionsphase), kann nicht belegt werden. Immerhin lassen sich im gut aufgeschlossenen Verbreitungsgebiet der "Pfungener-Schicht" - mit Ausnahme der hangenden Grundmoräne östlich Winterthur (vgl. M. Steffen, 1964) - keine andersartigen Sedimente und keine Verwitterungsspuren zwischen ihr und den hangenden Schottern erkennen.

Die Silte und Feinsande unterhalb Pfungen (vgl. Kap. B. 1.4.5. und Fig. 2o) werden aus folgenden Gründen zur lithostratigraphischen Einheit "Pfungener-Schicht" gezählt:

- Es handelt sich um Seeablagerungen.
- Es ist geradezu charakteristisch für den Aufbau der "Pfungener-Schicht", dass Silt- und Sandschichten innerhalb der Abfolge auftreten.
- Die stratigraphische Lage ist dieselbe (bezüglich der Schotter, die den Talboden bilden und der Molasse).
- Ferner ist anzunehmen, dass der See, in welchem die "Pfungener-Schicht" zur Ablagerung kam, sich gegen Westen über Pfungen hinaus erstreckte. Unterhalb Dättlikon verengt sich das Tösstal, und dessen Abriegelung ist hier am wahrscheinlichsten (vgl. Kap. B. 1.5.3.).

Auf eine weiterreichende Korrelation der Sedimente, die durch die Kiesausbeutung in der untersten Tössallmend aufgeschlossen wurden, muss verzichtet werden, da deren Ansprache durch die Ausbeutung unter dem Grundwasserspiegel erschwert wird und im Talboden, wie anderswo (Kap. D.) nachgewiesen werden konnte, beträchtliche spät- und postglaziale Umlagerungen stattgefunden haben.

Zur Korrelation der lithostratigraphischen Einheiten  
Kohlschwärze-Blindensteg - Pfungen (vgl. Fig. 20)

KOHLSCWAERZE-BLINDENSTEG

PFUNGEN

|                    |               |                                    |
|--------------------|---------------|------------------------------------|
| Obere Schotter     | —————         | Kames-Ablagerungen (Rietli)        |
| Obere Grundmoräne  | —————         | sandreiche Grundmoräne (Briner)    |
| ?                  | —————         | Vorstossschotter                   |
| ?                  | —————         | verstellte Sande mit Kieslagen     |
| ?                  | —————         | feinkörnige, unverstellte Schotter |
| Groblage           | ————— ? ————— | Groblage                           |
| Untere Schotter    | —————         | ?                                  |
| Untere Grundmoräne | ————— ? ————— | Erratiker                          |
| Molasse            | —————         | ?                                  |

Die Korrelation der beiden obersten lithostratigraphischen Einheiten basiert auf genetischen Ueberlegungen:

Während am Eisrand die in der Rietli-Grube aufgeschlossenen Sedimente gebildet wurden, entstanden subglazial die sandreiche Grundmoräne in der Kiesgrube Briner und die Obere Grundmoräne bei Kohlschwärze - Blindensteg. Gleichzeitig schütteten die Schmelzwasser einen Teil der Oberen Schotter des Embracher-Schotterfeldes.

Eine weitergehende Korrelation bleibt fraglich, da:

- Sedimenttyp und stratigraphische Beziehungen der Ablagerungen bei Kohlschwärze - Blindensteg wenig bekannt sind,
- die Lithostratigraphie der Sedimente in der Kiesgrube Briner unterhalb des Grundwasserspiegels nicht gesichert ist und
- die in diesem Raum kräftig wirkende, vor allem fluviatile Erosion, offenbar mehrmals zu Schichtlücken geführt hat.

Zwischen Embrach und Pfungen aber lassen sich, wie dargelegt, Teile der Oberen Schotter des Embracher-Schotterfeldes mit den Kames-Schottern der Rietli-Grube mit grosser Wahrscheinlichkeit korrelieren. Die geröllpetrographischen Untersuchungen (vgl. Fig. 11: Obere Schotter und Fig. 16: Rietli) bestätigen dies.

Die Schotter im Hangenden der "Pfungener-Schicht", sowie diese selbst, finden im Embracher-Schotterfeld keine äquivalenten Ablagerungen.

Die zusammengefassten lithostratigraphischen Korrelationen erlauben folgende Bemerkungen zur eiszeitgeschichtlichen Genese

des Untersuchungsgebietes:

### 1.5.3. Genese des Untersuchungsgebietes

Die Entstehung der aufgeschlossenen quartären Ablagerungen im Raum Pfungen - Embrach wird in chronologischer Reihenfolge erläutert, wobei auf eine nochmalige detaillierte Genese-Rekonstruktion der Akkumulationen des Embracher-Schotterfeldes verzichtet wird (man vergleiche dazu Kap. B. 1.1.4.).

#### Erster dokumentierter Eisvorstoss

Bei Kohlschwarze - Blindensteg liegt Grundmoränenmaterial direkt der Molasse auf (vgl. Fig. 20, Bohrung 31). Woher der Gletscher, der sie bildete, vorstieß und wo er stirnte, ist unbekannt. Allerdings wird ein Vorstoss aus Osten der geomorphologischen Situation wegen angenommen.

Weiter ist nicht feststellbar, ob allenfalls früher vorhandene Sedimente vor oder durch diesen Gletschervorstoss erodiert worden sind.

Die Grundmoräne ist weder durch Verwitterungszonen noch durch fluvioglaziale oder fluviatile Ablagerungen gliederbar. Es wird daher angenommen, dass sie während einer einzigen glazialen Akkumulationsphase gebildet worden ist. Wenn dies tatsächlich der Fall ist, so dürfte es sich um eine längere Vereisungsphase gehandelt haben, ist doch die Grundmoräne rund 13m mächtig.

Der in der Kiesgrube Briner angebohrte Erratiker könnte dem gleichen oder dem nächsten Vorstoss entstammen. Das über dem Findling liegende unterste Schotterpaket entstand womöglich während des folgenden Eiszerfalls (vgl. Fig. 20, Briner).

Als Zeugen einer auf den ersten Eisvorstoss folgenden "Warmphase" können folgende Ablagerungen vermutet, aber nicht belegt werden (die Entstehung während einer "Kaltphase" ist möglich):

- Seebodenlehm von Embrach,
- geringmächtige Lehmablagerung in der Kiesgrube Briner.

#### Zweiter Eisvorstoss bis Embrach

Dieser zweite Eisvorstoss ist durch Vorstossschotter und Grundmoränenrelikte nördlich des Dorfes Embrach belegt (vgl. Kap. B. 1.1.). Wie in Kap. B. 1.1.4. dargelegt, erfolgte der Vorstoss aus dem Tösstal von Pfungen her. Aus der Fazies der Grundmoräne

(basal melt-out till) und deren Verbreitung darf geschlossen werden, dass diese im Zungenbereich gebildet wurde. Der Eisrand lag demnach etwa nordöstlich des Dorfes Embrach, wie von J. Hug schon 1907 postuliert (vgl. Kap. B. 1.2.2.).

Nördlich Geltenbühl, zwischen Dättlikon und Freienstein, liegt eine Grundmoräne auf gegen Westen rasch mächtiger werdenden Schottern. Da deren Oberfläche zudem gegen Westen einfällt, sind sie offensichtlich von Osten her geschüttet worden. Die Grundmoräne aber keilt gegen Westen aus, so dass wir uns auch hier in einer Eisrandlage befinden, zumal dieses Gebiet ausserhalb des Bereiches der erodierenden Töss liegt und wir annehmen können, dass wir ursprüngliche Verhältnisse vorfinden (vgl. Kap. B. 1.3.).

Bei Kohlschwarze - Blindensteg kamen die Unteren Schotter - Vorstossschotter (?) (vgl. Kap. B. 1.1.3.) - zur Ablagerung, hingegen fehlt das der Grundmoräne von Embrach korrelierte, glazigene Sediment.

#### Abschmelzen des Eises

Durch das Abschmelzen des Eises konnten sich Eisrandstauseen, die sich z.B. im Rumstal und im Dätttau gebildet hatten, entleeren. Die katastrophalen Schmelzwasserausbrüche verschwenkten entlang des südlichen Eisrandes Seiten- und Obermoränenmaterial, sowie Rutschmaterial von den seitlichen Molasseabhängen. So entstand das im Embracher-Schotterfeld als Groblage bezeichnete Sediment (vgl. Kap. B. 1.1.1.).

Für ähnliche Erscheinungen entlang des nördlichen Eisrandes gibt es keine Anhaltspunkte.

Im Bereich der Kiesgrube Briner kam Moränenmaterial s.l. in situ und über kurze Distanzen verschwenkt zur Ablagerung. Es entstand so die unter dem Grundwasserspiegel auftretende Groblage.

Mit dem weiteren Abschmelzen entstanden feinkörnige Schotter. Sie sind im Dach der Groblage bei Embrach und unmittelbar über dem Grundwasserspiegel in der Kiesgrube Briner teilweise aufgeschlossen (vgl. Kap. B. 1.1.1., Fig. 10 und Fig. 15 ).

Mit zunehmender Entfernung des Gletschers vom Sedimentationsraum (Kiesgrube Briner) oder infolge eines Nachlassens der Wasserführung wurde Sand mit an der Basis auftretenden, gering-

mächtigen Schotterschichten abgelagert.

Die minimale Ausdehnung des Gletschers in dieser Phase ist unbekannt.

### Dritter Eisvorstoss bis Kohlschwärze - Blindensteg

In der Folge stiess der Gletscher erneut vor. Es kam zu einer Verstellung der sandreichen Ablagerungen in der Kiesgrube Briner (vgl. Fig. 15). Einerseits belegt die relativ geringe Stauchung der Sedimente deren Verstellung in gefrorenem Zustand, gewissermassen en bloc. Andererseits schliessen die Stauchungen die Möglichkeit nicht aus, dass es sich lediglich um eine glazialtektonische Ueberprägung der einfallenden Schichten eines Deltas handelt.

Interessant ist in diesem Zusammenhang die Tatsache, dass die liegenden feinkörnigen Rückzugsschotter nicht verstellt wurden. Dies könnte so gedeutet werden, dass deren Dach, durch gefrorenes Grundwasser verfestigt, als Hauptschubfläche wirkte (vgl. C. Schindler, 1978).

Die Schmelzwasser des nahen Gletschers erodierten die Sandoberfläche unterschiedlich stark. Eine allenfalls vorhandene Verwitterungszone wäre damit restlos entfernt worden.

Schliesslich wurden beim weiteren Anwachsen des Gletschers diskordant zum Liegenden Vorstossschotter abgelagert.

Die Deutung des Sedimentes als Vorstossschotter ist belegt durch:

- die Zunahme der Korngrösse zum Dach hin,
- den kontinuierlichen Uebergang in die hangende Grundmoräne (vgl. Abb. 11) und
- die Anordnung der Nebenmodi in den Histogrammen der Zi-Werte, die ihrerseits den Zusammenhang zwischen den Schottern und der hangenden Grundmoräne belegen (vgl. Kap. B. 1.1.4., Fig. 16 und Ch. Schlüchter, 1976).

Der relativ hohe Zurundungswert (Median) der Fraktion 2-7cm entstand offenbar dadurch, dass es sich weitgehend um umgelagertes und aufgearbeitetes Material handelt. Die mehrmodale Verteilung (Geröllgenerationen, vgl. Kap. A. 4.2.1.) unterstützt diese Annahme (vgl. Fig. 16; Briner, Dach). Immerhin betonen viele kantengerundete Steine die direkte glazigene Beeinflussung und den Vorstosscharakter der Schotter.

Der Gletscher überfuhr sodann seine Vorstossschotter und bedeck-

te sie mit einer sandreichen Grundmoräne. Für diese ist ein hoher Anteil (4%) des Lintherratikums und ein kleiner (1.3%) des Rheinerratikums charakteristisch (vgl. Fig. 16). Weiter ist das lokale Molassematerial dominierend (50%). Offenbar sind "älteres" Linth- und Molassematerial vom Abhang des Blauen abgerutscht und/oder evt. auch über die Talung Dättnau - Rumstal eingeschwenkt worden. Ein Vorstoss des Linthgletschers in dieses Gebiet aber dürfte infolge der topographischen Verhältnisse während der letzten Eiszeit auszuschliessen sein.

Während dieses dritten Vorstosses erreichte der Gletscher eben noch den Raum Kohlschwärze - Blindensteg unterhalb Dättlikon. Der vermutlich schon vorgebildete Trogschluss in der Molasse wurde weiter akzentuiert. Bei Kohlschwärze deponierte der Gletscher die Obere Grundmoräne (vgl. Fig. 20, Bohrung 12). Die grosse Erratikerdicke in der untersten Tössallmend (vgl. Kap. B.1.4.3.) deutet ebenfalls auf eine Eisrandlage hin. Falls End- oder Seitenmoränen gebildet wurden, sind sie während späterer Erosionsphasen abgetragen worden.

Bei Rietli - Breiten (vgl. Kap. B.1.4.1., Abb. 10 und Fig. 15) wurden seitlich an das Eis Schotter abgelagert. Im zweiten Teil dieser Akkumulationsphase wurden Steine und Blöcke eingeschwenkt. Gleichzeitig dehnte sich der Gletscher weiter aus, so dass einzelne Erratiker und Obermoränenmaterial direkt vom Eis auf die Schotter abrutschten.

Durch das Pulsieren des Gletschers wurden Sand-Schotter-Schichten verstellt, wie dies für Eiskontakt-Ablagerungen zu erwarten ist (= Kames-Sedimente; vgl. Abb. 10).

#### Abschmelzen des Eises

Während einer Stagnationsphase des Gletschers oder eines allerersten Abschmelzens entstanden geringmächtige, feinkörnige, ungestörte "Rückzugsschotter" im Dach der Sedimente in der Rietli-Grube (vgl. Fig. 16).

Die im Bereich der Rietli-Grube randglazial gegen das Zungenende bei Kohlschwärze - Blindensteg fliessenden Schmelzwasser vereinigten sich dort mit dem Hauptschmelzwasserstrom. Dieser hat sich mindestens eine zeitlang gegen Embrach ergossen und zur Bildung der Oberen Schotter beigetragen (vgl. Kap. B.1.1.4.). In der Folge schmolz das Eis zurück, und der Gletscher gab das

Tösstal frei. Erst danach entstand die "Pfungener-Schicht" in einem See (Absatz von Gletschermilch), der sich nach ihrer Verbreitung von Pfungen bis Oberwinterthur - Seen ausdehnte (vgl. Fig. 18). Was diesen See aufstaute, kann vorläufig nicht mit Sicherheit gesagt werden. Möglicherweise handelte es sich um die Molasse, wie M. Steffen, 1964, vermutet. Ferner könnte auch ein Endmoränenwall (während des dritten Vorstosses bei Dättlikon gebildet; vgl. vorangehenden Abschnitt) das gleiche bewirkt haben. Diese beiden Möglichkeiten schliessen allerdings eine Erosionsphase zwischen dem dritten Vorstoss und der Sedimentation der "Pfungener-Schicht" aus. Erfolgte jedoch eine Ausräumung des Tösstales, so muss es später unterhalb Pfungen erneut abgeriegelt worden sein. Es ist denkbar, dass dies durch abruptes Lockermaterial (z.B. vom Blauen herunter) geschah. Leider ist nicht feststellbar, ob die Erosion erfolgte und welches Ausmass sie erreichte. Jedenfalls sind ältere Sedimente nur reliktsch vorhanden. Diejenigen der Grube Briner lagen im Erosionsschatten des Molassesporns von Pfungen. An einigen Stellen liegt die "Pfungener-Schicht" nachweislich direkt der Molasse auf (M. Steffen, 1964).

#### Vierter Eisvorstoss

Nach den Untersuchungen von M. Steffen, 1964, stiess sodann der Gletscher nochmals vor und überzog die "Pfungener-Schicht" mindestens bis ins Gebiet der Altstadt von Winterthur mit einer Grundmoräne.

#### Abschmelzen des Eises und Entwicklung im Postglazial

Aus verschiedenen "Einspeisungsstellen" flossen mit Sand und Schotter beladene Schmelzwasser (vgl. Fig. 27 und U. Käser, 1975). Sie bedeckten die allenfalls vorgängig teilweise erodierte "Pfungener-Schicht". So entstand ein Talboden, dessen Oberfläche bei Pfungen auf ca. 412m ü.M. lag. Womöglich noch während des vierten Eisvorstosses oder während des Abschmelzens des Eises entleerte sich der See, in welchem die "Pfungener-Schicht" zur Ablagerung gekommen war (Ueberlauf schneidet sich ein?).

Das weitere Abschmelzen des Eises erfolgte nicht kontinuierlich, sondern wurde verschiedentlich unterbrochen durch Stagnations- und kleinere Vorstossphasen des Gletschers. Dies bezeugen die

zahlreichen Wallmoränen im nordöstlichen Arbeitsgebiet (vgl. Kap. C).

Im Spät- und Postglazial folgte eine vorwiegend erosive Phase. Die Töss schuf, durch lokale Erosionsbasen (Molasseriegel Hard, Tössfeld und Blindensteg) gesteuert, ein System verschiedener Erosionsterrassen (vgl. U. Käser, 1975 und Fig. 8).

#### 1.5.4. Chronostratigraphie

Die vorliegende chronostratigraphische Gliederung beruht auf der Interpretation der Lithostratigraphie, auf chronologisch "geordneten" Ueberlegungen und der Tatsache, dass bis jetzt weder im Embracher-Schotterfeld noch im Tösstal Verwitterungshorizonte und/oder palynostratigraphisch korrelierbare Abfolgen nachgewiesen worden sind.

#### Letztinterglaziale Ablagerungen

Der Nachweis letztinterglazialer Ablagerungen ist im Arbeitsgebiet nicht direkt möglich gewesen. Es könnte jedoch sein, dass der bei Embrach erbohrte Seebodenlehm vor der letzten Eiszeit ("Würm" im klassischen Sinne) abgelagert worden ist.

#### Letzteiszeitliche Ablagerungen

Die Bezugschronologie für die Ablagerungen in unserem Untersuchungsgebiet stammt von Ch. Schlüchter und M. Welten, 1976. Sie basiert letztlich auf den Untersuchungen im Berner Mittelland und Zürcher Oberland. Ch. Schlüchter, 1976, weist darauf hin, dass die chronostratigraphische Korrelation der letzten Alpenvergletscherung (Würm) mit der Weichsel-Eiszeit "vergleichend-chronostratigraphischer" Art ist. Aus diesem Grunde wird auch in dieser Arbeit "Würm" in Anführungszeichen gesetzt.

- Früh"würm"eiszeitlicher Vorstoss (erster dokumentierter Vorstoss im Untersuchungsgebiet):

Die Untere Grundmoräne bei Kohlschwarze belegt einen Gletschervorstoss. Er wird als früh"würm"glazialer Vorstoss gedeutet, da das Material einerseits nicht verwittert ist und andererseits die tiefste lithostratigraphische Einheit im Untersuchungsgebiet darstellt.

Der bei Embrach erbohrte Seebodenlehm könnte womöglich auch während der folgenden Früh"würm"-Interstadiale entstanden

sein, doch fehlen konkrete Hinweise. Sicher ist nur, dass er älter ist als die hangenden Schotter, die vermutlich den Unteren Schottern des Embracher-Schotterfeldes entsprechen (vgl. Kap. B. 1.5.3.).

- Erster hoch"würm"eiszeitlicher Vorstoss (zweiter dokumentierter Vorstoss im Untersuchungsgebiet):

Während dieses Vorstosses erreichte der Rhein-Thur-Gletscher mindestens Embrach. Dabei wurden im Embracher-Schotterfeld Vorstossschotter mit der hangenden Grundmoräne gebildet. Eine gegen Westen auskeilende Grundmoräne über Schottern wurde auch nördlich Geltenbühl, zwischen Dättlikon und Freienstein, erbohrt.

Während eines ersten Zurückschmelzens des Eises wurde anlässlich katastrophaler Schmelzwasserausbrüche die Groblage im Embracher-Schotterfeld geschüttet.

- Mittel"würm"-Interstadiale:

In diesen Abschnitt sind die unteren feinkörnigen Schotter, sowie die Sande (beides in der Kiesgrube Briner) zu stellen.

- Zweiter hoch"würm"eiszeitlicher Vorstoss (dritter dokumentierter Vorstoss im Untersuchungsgebiet):

Dabei erreichte der Gletscher den nordöstlichsten Rand des Embracher-Schotterfeldes bei Kohlschwärze - Blindensteg.

Dokumentiert wird dieser Vorstoss durch:

- Vorstossschotter und sandreiche Grundmoräne (Kiesgrube Briner),
- Kames-Ablagerungen mit Erratikern (Kiesgrube Rietli),
- Obere Grundmoräne (Kohlschwärze) und
- grosse Erratikerdichte (unterste Tössallmend).

"Ueberlegungsmässig" können die drei erwähnten Vorstossphasen mit jenen von Ch. Schlüchter und M. Welten, 1976, korreliert werden:

nach Schlüchter und Welten (1976)

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| früh"würm"eiszeitlicher Vorstoss         | T1 |
| erster hoch"würm"eiszeitlicher Vorstoss  | T2 |
| zweiter hoch"würm"eiszeitlicher Vorstoss | T3 |

- Spätglaziale Abschmelzphase mit mehreren Unterbrüchen

Der Gletscher schmolz in der Folge rasch bis östlich Winterthur zurück, worauf die "Pfungener-Schicht" gebildet wurde. Anschliessend stiess er nochmals kurz vor und überzog diese bis Winterthur mit einer Grundmoräne.

Schliesslich schmolz das Eis, und die Schotter des Neftenbacher- und Winterthurer-Schotterfeldes wurden geschüttet.

Mit dem Abschmelzen des Gletschers bis ins Thurtal begann die postglaziale Umgestaltung der eiszeitlichen Sedimente und Landschaftsformen im Untersuchungsgebiet.

Schlussbemerkungen zur Chronostratigraphie

Auch W.A. Keller, 1977, belegt im Rafzerfeld zwei "würm"zeitliche Vorstossphasen: T2 und T3. Er findet jedoch keine Anhaltspunkte für einen früh"würm"eiszeitlichen T1-Vorstoss. Ferner kann er in seinem Untersuchungsgebiet nicht abklären, welcher der beiden Vorstösse bedeutender war.

Die vorliegende Gliederung bezieht sich streng nur auf die Interpretation der lithostratigraphischen Abfolge. Im Tösstal muss aber mit längeren Erosionsphasen gerechnet werden, deren zeitliche und morphogenetische Ausmasse jedoch schwer erfassbar sind. Zudem sind für die Gliederung brauchbare Paläoböden bis jetzt nicht gefunden worden. Unter diesem Aspekt kann spekuliert werden, dass die Untere Grundmoräne bei Kohlschwarze (vgl. Fig. 2o und Kap. B. 1.5.2.) ehemals eine verwitterte Oberfläche besass, die jedoch später vollständig erodiert wurde. In diesem Fall könnte die Grundmoräne ebensogut als vor-letzteiszeitlich (?) eingestuft werden.

Die selbe Grundmoräne könnte aber auch mit der Grundmoräne bei Embrach korreliert werden - unter der Voraussetzung, dass die bei Embrach die Grundmoräne unterlagernden Sedimente bei Kohlschwarze nicht abgelagert oder erodiert wurden - und wäre dann letzteiszeitlich (T2?) (bei Embrach ebenfalls keine Verwitterungszone, aber bei geringer Erosion; vgl. Kap. B. 1.1.1.).

Die Kenntnis der unter dem Grundwasserspiegel liegenden Sedimente (Kiesgrube Briner und unterste Tössallmend) ist unvollständig, und die chronostratigraphischen Angaben bleiben hypothetisch.

## 2. Das restliche Untersuchungsgebiet

Die Untersuchungen der quartären Ablagerungen ausserhalb des Kerngebietes wurden aus folgenden Gründen erschwert:

- Die Lockergesteine sind als kleinräumige, komplexe und oft reliktsche lithologische Einheiten vorhanden.
- Die Ablagerungen sind schlecht aufgeschlossen.

Das sichere Erkennen von stratigraphischen und genetischen Zusammenhängen ist deshalb erschwert. Trotzdem sollen im folgenden einige Befunde beschrieben und interpretiert werden.

### 2.1. Das Irchelgebiet

#### 2.1.1. Die Maximallage des letzteiszeitlichen Gletschers

Es ist schwierig, die Eisrandlage im Irchelgebiet zu bestimmen. Gute Aufschlüsse oder Bohrungen fehlen, Gehängeschutt bedeckt die glazialen Ablagerungen, oder dieselben sind an den Steilhängen abgerutscht. Die Wallmoränen sind schlecht erhalten (in U. Käser, 1975, sind sie beschrieben und kartiert), und die Mächtigkeiten anderer glazialer Ablagerungen sind meistens gering. Der "Würm"gletscher dürfte dieses Gebiet, wenn überhaupt, nur kurzfristig erreicht haben. R. Hantke, 1967, und L. Ellenberg, 1972, geben folgende maximale Ausdehnung des Würmgletschers an:

- am Nordabhang des Irchels über Gräslikon - Oberbuch nach Desibach,
- am Ost- und Südabhang über die Ostflanke des Wolschberges nach Bebikon und Hueb.

Ellenberg nimmt dabei an, der Gletscher stirne während des "absoluten Würmmaximums" in der Gegend Blindensteg-Kohlschwarze. Das ergäbe für die Gletscheroberfläche im Zungenbereich (Töss-tal) ein Gefälle von gegen 10%, wenn man die Wallmoräne bei Bebikon diesem Vorstoss zuordnet (vgl. Fig. 24, p. 103). Dies scheint zu steil zu sein. Nehmen wir aber an - die vorliegenden neuen Untersuchungen stützen diese Vorstellung - der Gletscher stirne nordwestlich Embrach (vgl. Kap. B.1.1.), so ergibt sich ein Gefälle von ca. 3.5%. Am Nordabhang des Irchels kann das Gefälle der Eisoberfläche mit weniger als 2% angegeben werden.

R. Hantke, 1978, gibt folgende angenommene Gefällsverhältnisse für die Eisoberfläche an: "Bei den weit ins Vorland vorgedrun-

genen pleistozänen Eisströmen fiel sie recht sanft - mit 8-25%, erst gegen die Zungenenden - namentlich bei vorstossenden Gletschern - steiler mit 30 und mehr % ab".

Die Wallmoränen bei Bebikon und Feld (Aufschlüsse fehlen; vgl. U. Käser, 1975) sind vermutlich im Bereich Ober Tobel erodiert worden. Das sie ehemals aufbauende Material liegt heute wohl im mächtigen Schuttfächer am Ausgang dieser Erosionskerbe. Das Volumen desselben beträgt min. 60'000 m<sup>3</sup> und max. 200'000 m<sup>3</sup> (Abschätzung nach der Formel von G.P. Jung, 1969). Jedenfalls handelte es sich um kleine, undeutlich ausgebildete Wallmoränen, vergleichbar jenen, die heute am Irchel noch beobachtet werden können.

Die Kerbe selbst liegt jetzt gänzlich im Molassesandstein und im rutschgefährdeten Molassemergel (OSM).

#### 2.1.2. Die Schotterfelder zwischen Dorf, Volken und Berg

Zwischen Dorf, Volken und Berg lassen sich von 410 - 420m ü.M. verschiedene Schotterflächen erkennen. Sie sind in U. Käser, 1975, im Detail beschrieben.

L. Bendel, 1923, sieht darin eine mit Niederterrassenschottern gefüllte Schmelzwasserrinne. H. Graul, 1962, deutet sie als Aufstau - Akkumulationsflächen. Dabei staute eine grosse Toteismasse\* die Schmelzwasser bis auf eine Höhe von 416m ü.M.

Nach W.A. Keller, 1977, stirnte ein Gletscherlappen im unteren Lottstetterfeld. Dieser Eisrandlage entsprechen die Schotter des oberen Lottstetterfeldes. Damit scheint aber eine Parallelierung dieser Schotter mit jenen zwischen Dorf und Berg recht wahrscheinlich. Es handelt sich in diesem Falle um eine Stauung (frontale Aufschotterung) durch den Gletscherlappen selbst und eine Schüttung durch die Schmelzwassertäler Humlikon - Dorf und Hünikon - Dorf.

Mit dem weiteren Abschmelzen des Eises wurde die Erosion wirksam, die in der Folge das Schotterfeld morphologisch aufzugliedern begann.

\* Nach Graul unter anderem durch den Nachweis von Eisrandterrassen im Rheinauer Becken anzunehmen.

## 2.2. Die Moränenlandschaft östlich des Irchels

Das Zurückschmelzen des Eises wurde durch kleinere Wiedervorstoss- und Stagnationsphasen unterbrochen. Diesen entsprechen die unzähligen Wallmoränen. Schmelzwasser schütteten kleine lokale Sander oder schotterten Schmelzwasserrinnen auf (vgl. U. Käser, 1975, und Fig. 27 bis Fig. 29).

Der deutlichste Seitenmoränenzug begrenzt ab Andelfingen das Arbeitsgebiet gegen das Thurtal. Diese Seitenmoräne ist dem Stadium von Andelfingen-Dätwil zuzuordnen (vgl. Kap. C). Die Korrelation der übrigen Wallmoränen ist wesentlich schwieriger und nicht mit Sicherheit durchzuführen.

Eine einzige Kiesgrube bot einen Einblick in den komplexen quartärgeologischen Aufbau dieser Gegend. Sie soll im folgenden besprochen werden. Weiter werden verschiedene Bohrprofile diskutiert.

### 2.2.1. Die Kiesgrube bei Henggart (Koord: 694'400/269'200, 440)

Diese Grube, die einzige grössere im nördlichen Arbeitsgebiet, bot in den Jahren 1973 und 1974 einen guten Einblick in den Aufbau der glazialen Sedimente dieses Gebietes (vgl. U. Käser, 1975, und Abb. 16).

#### Beschreibung der Sedimente

Die Sedimentabfolge beginnt oben mit einer Verwitterungszone, die in Mulden bis 1.70m mächtig wird. Es handelt sich um tonigen Schluff, der nur an seiner Basis beim Besprühen mit 15%-iger Salzsäure aufbraust. Er enthält eine gegen unten zunehmende Anzahl von Steinen, die teilweise stark verwittert und oft gespalten sind. Kratzer als Zeugen einer glazialen Bearbeitung sind nicht festzustellen.

Darunter liegt im östlichen Teil der Südwand Grundmoränenmaterial. Dieses ist max. 3m mächtig und keilt gegen Westen aus.

Im Liegenden folgen fluvioglaziale Ablagerungen. Sie sind noch überwiegend glazial geprägt (vgl. Fig. 21), aber relativ gut sortiert. An der Südwand werden sie bis 8m mächtig. Diese Schotter- und Sandschichten fallen im östlichen Teil der Nordwand stark gegen Nordwesten ein. In diesem Bereich treten bis 1m mächtige Sandschichten auf, die jedoch nach wenigen Metern wieder auskeilen. Die Sedimente sind vermutlich durch geringe

Schmelzwassermengen über eine Erhebung (vgl. "Wall") verschwemmt worden. Gegen Nordwesten nähern sich die Schichten mehr und mehr der Horizontallage.

Darunter liegt wiederum Grundmoränenmaterial, das zeitweise an der Nordwand mit mehreren Erratikern zweifelsfrei aufgeschlossen war. In der Mitte der Grube ist diese Grundmoräne wallartig angehäuft. Reste dieses "Wall" sind auch an der Nordwand zu beobachten. Er ist dort einige Meter mächtig.

### Genetische Interpretation

Untere Grundmoräne:

Sie wurde während einer Vorstoss- oder Maximalphase gebildet. Bei der wallartigen Anhäufung derselben handelt es sich womöglich um den Teil eines flute-Systems (vgl. Kap. B. 1.1. und Abb. 17). Feinkörnige Ablagerungen im Dach der Grundmoräne dürften unter Bedingungen entstanden sein, wie sie bei der Bildung von basal melt-out till herrschen (vgl. Kap. B. 1.1. und Abb. 17, 18).

Fluvioglaziale Ablagerungen:

Wall- und Obermoränenmaterial wurde über kurze Distanzen verschwemmt. Die Schmelzwasser flossen in Richtung NNW gegen das Thurtal hin ab (vgl. Fig. 22 und Fig. 27). Einzelne Eisblöcke wurden eingeschottert. Ihr Abschmelzen führte zur Bildung von Söllen, wie sie in dieser Gegend beobachtet werden können.

Obere Grundmoräne:

Der Gletscher überfuhr die fluvioglazialen Ablagerungen bis etwa in die Mitte der Grube. Während dieses Stadiums dürfte er die Wallmoräne gebildet haben, die in Richtung NNW über Rütibuck und Isenberg verläuft. H. Graul, 1962, weist die Wallkette dem Altener Stadium zu.

"Verwitterungstaschen":

Die Toteislöcher (Sölle) wurden vorerst im Permafrostbereich und später im Postglazial mit eingeschwemmtem Feinmaterial gefüllt. Ähnliche Beobachtungen beschreibt O. Keller, 1973.

Glazialtektonische Erscheinungen:

Von besonderem Interesse sind die glazialtektonischen Erscheinungen in dieser Grube. Ähnliches beschreiben H. Jäckli, 1958, und C. Schindler, 1978, bei Andelfingen und Aadorf.

Verwerfungen und Verbiegungen der Sand- und Schotter-schichten (vgl. Abb. 15) treten nur in dem Grubenbereich auf, wo die

obere Grundmoräne fehlt, d.h. im westlichen Teil. Es scheint also nicht der von Osten vorstossende Gletscherlappen dafür verantwortlich zu sein, sondern ein aus Richtung Süden vorstossender. Das im östlichen Teil der Grube liegende Eis könnte damit sogar durch sein Gewicht das darunterliegende Schotterpaket vor einer Verstellung bewahrt haben. Der sich von Süden aus dem Raum Hettlingen bis Henggart (Burgstall) vorschiebende Lappen vermochte indessen die westlichsten Schotterpartien in gefrorenem Zustand zu verbiegen und seltener sogar aufzubrechen (vgl. U. Käser, 1975, und Abb. 15).



Abb. 15: Kiesgrube Henggart, Ostwand (Koord: 694'35o/269'2oo):  
Situation im Sommer 1974  
Die Sand- und Schotter-schichten sind Z-förmig gefaltet.  
Diese Erscheinung ist als glaziale Stauchung zu deuten  
(Druckwirkung von links nach rechts).

OSTEN

WESTEN



Abb. 16: Kiesgrube Henggart, Südwall (Koord: 694'400/269'250, 440):  
Blick gegen Nordwesten, Situation 1974

- VT = "Verwitterungstasche" mit entkalktem, tonigem Schluff (vgl. Kap. B. 2.2.1.)
- OG = obere Grundmoräne
- S = fluvioglazialer Schotter
- UG = untere Grundmoräne, teilweise wallartig angehäuft (W)

Abb. 17:

Kiesgrube Henggart  
Nordwand, "Wall"  
(694'450/269'220)

UG = untere

Grundmoräne

SA = Sandablage-

zone mit  
Böschungserosion  
Furche (v)

(vgl. dazu

Abb. 18 und

Kap. B. 2.2.1.)



Abb. 18: Detailaufnahme der Sandablagerungen SA im  
Dach des "Walles" (vgl. Abb. 17)  
Möglicherweise im Periglazialbereich ent-  
standene Vorwölbungen der feinkörnigen  
Ablagerungen

Fig. 21: ZURUNDUNGSWERTE UND VERTEILUNG DES ERRATIKUMS

Proben aus der Kiesgrube bei Henggart: 1, 2

Dach, fluvioglaziale Ablagerung (2)  
(verlagerte Grundmoräne ?)

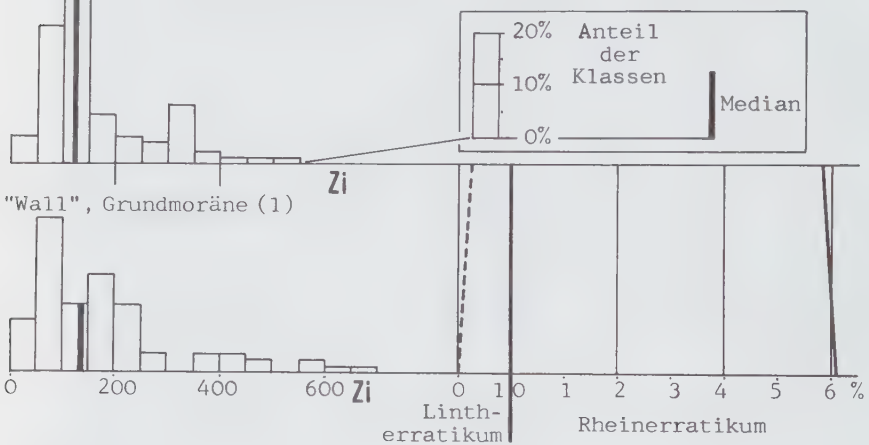


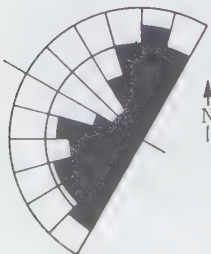
Fig. 22: EINREGELUNGSMESSUNGEN IN DER KIESGRUBE HENGGART

Proben aus den fluvioglazialen Schottern



3m unter der Oberfläche im  
westlichen Teil der Süd-  
wand  
(Koord: 694'400/269'250, 437)

Schüttungsazimut: 324°



3m unter der Oberfläche im  
westlichsten Teil der Nord-  
wand  
(Koord: 694'400/269'200, 437)

Schüttungsazimut: 298°

### Chronostratigraphie

In der Kiesgrube bei Henggart sind zwei Grundmoränen aufgeschlossen. Die maximal 3m mächtige obere Grundmoräne ist einem Vorstoss zuzuordnen, der im Bereich des Moränenwalles Dindliken - Rütibuck - Isenberg seine maximale Ausdehnung fand. Dies entspricht im Thurtal vermutlich der Eisrandlage zwischen Alten und Flaach (vgl. Kap.C., Tab.3 und Fig.27).

Die untere Grundmoräne, die im Minimum 3m mächtig ist, zeigt keinerlei Anzeichen einer Verwitterung. Das gleiche gilt für die auf ihr liegenden Erratiker. Auch sonst ist im gesamten Profil, mit Ausnahme der obersten Verwitterungszone, das Material von einheitlich frischem Aussehen. Ferner konnten keine Sedimente beobachtet werden, die zweifelsfrei während einer Warmzeit gebildet worden waren.

Aus diesen Gründen muss angenommen werden, dass die beiden Grundmoränen während verschiedener Vorstoss- oder Stagnationsphasen derselben Eiszeit (der letzten) gebildet wurden.

### 2.2.2. Die "Rosenbergschotter" bei Veltheim

J. Weber, 1924, erwähnt, dass die Schotter bei Veltheim zwischen Rosenberg und Neuwingert möglicherweise Relikte einer risszeitlichen Talfüllung darstellen. Das Tal hätte sich von Grafstall - Rossberg - Güholz über Winterthur - Veltheim - Hettlingen - Henggart bis ins Thurtal erstreckt.

Die geröllpetrographische Zusammensetzung der Schotter von Veltheim im Vergleich mit jenen von Henggart (analysiert von E. Geiger, 1961) zeigt, dass diese genetische Interpretation sinnvoll ist. Die Schotter können aber, wie unten dargelegt wird, auch auf andere Weise entstanden sein. Ihre Datierung ist nach wie vor ungesichert.

Das generelle Profil (nach G. Styger, 1974) zeigt auf der Ostseite des Tales folgenden Aufbau (vgl. U. Käser, 1975) - von unten nach oben :

- Untere Grundmoräne: Der Molasse liegt eine ca. 10m mächtige Grundmoränenschicht auf, die von dünnen Schotterbändchen unterbrochen wird.
- Untere Seetone: Sie sind 2 bis 3m mächtig.
- "Rosenbergschotter", ca. 10m mächtig
- Obere Seetone, 2 bis 3m mächtig
- Obere Grundmoräne: Eine 3 bis 6m mächtige Grundmoränenschicht bedeckt die Lockergesteinsabfolge.

Die durch Kernbohrungen aufgeschlossenen Lockergesteine zeigten mit Ausnahme der verwitterten Molasseoberfläche keine Verwitterungshorizonte.

Bezüglich der Genese ist die Tatsache wichtig, dass die Ablagerungen über der unteren Grundmoräne höher als das Niveau des heutigen Talbodens liegen. Zudem ist es unwahrscheinlich, dass der zentrale und westliche Teil des Tales nach der letzten Eiszeit ausgeräumt wurde, da die Töss dieses Gebiet nicht mehr erreichte. Die Abhänge des Wolfensberges tragen lediglich eine mehr oder weniger mächtige Grundmoränendecke.

Die Entstehung der Ablagerungen kann wie folgt skizziert werden:

- Während eines ersten Vorstosses wird die untere Grundmoräne gebildet.
- In einer Abschmelzphase entsteht zwischen dem Eis, das im Tal von Winterthur liegt, und dem Gletscherlappen, der von Ohringen

her vorstiess, ein See. Darin kommt es zur Bildung von Seetonen.

- Bei einem verstärkten Abschmelzen des Eises (oder einer Aenderung der hydrographischen Verhältnisse) werden wiederum zwischen den Eismassen sand- und siltreiche Schotter abgelagert.
- Hierauf folgt wieder eine kühlere Klimaphase mit geringer Wasserführung, so dass erneut Seetone gebildet werden.
- Es kommt nochmals zu einem Vorstoss der Gletscher, was durch die obere Grundmoräne dokumentiert wird.

Nimmt man an, die Oberflächen von Schotter und Seeton seien nicht erosiv verändert worden, lässt sich ein leichtes Einfallen derselben etwa gegen Norden feststellen. Dies würde bedeuten, dass sie vom Gletscherlappen, der über Winterthur lag, geschützt wurden.

Die beiden Grundmoränen müssen nicht zwangsläufig zwei verschiedenen Eiszeiten zugeordnet werden. Es kann sich um eine erste ("untere") und zweite ("obere") Phase der gleichen, letzten Eiszeit handeln, welche die Bildung der direkten Gletscherablagerungen verursacht haben.

### 2.2.3. Seebodenlehm bei Neftenbach

Sondierbohrungen für einen Brückenbau (Baugrundarchiv des Kantons Zürich) haben ergeben, dass in der Gegend des Dorfes Neftenbach unter einer 2.70m mächtigen, sandigen Schotterschicht mindestens 12m Seebodenlehm (Oberfläche auf 409,5m ü. M.) folgen, der glazial nicht vorbelastet ist. Seine Ausdehnung ist ungewiss, doch erscheint die Schicht am Terrassenhang südwestlich Neftenbach nicht (vgl. Fig. 18).

#### Genetische Interpretation

Der Seebodenlehm ist offenbar in eine Vertiefung des Untergrundes - es könnte sich dabei um eine geschlossene Hohlform in der Molasse handeln, die 300m unterhalb des Dorfes nahe an die Oberfläche tritt - abgelagert worden.

Nach der Beschreibung im Bohrprotokoll entspricht die Fazies des Seebodenlehms jener der "Pfungener-Schicht". Die beiden Sedimente entstanden wohl unter denselben Bildungsbedingungen. Die hangenden Schotter sind mit jenen zu korrelieren, die der "Pfungener-Schicht" aufliegen. Aus diesen Gründen wird vorläufig der Seebodenlehm bei Neftenbach zeitlich mit der "Pfungener-Schicht" korreliert.

Sicher ist, dass der Seebodenlehm nicht mehr vom Gletscher überfahren wurde. Damit ergibt sich eine mögliche Korrelation zwischen dem im Tal von Seuzach - Neftenbach liegenden Gletscherlappen und demjenigen im Tal von Winterthur. Danach lag das Eis während des Vorstosses im Anschluss an die Sedimentation der "Pfungener-Schicht" (Schlierenstadium?) mindestens im Gebiet der Winterthurer Altstadt (vgl. Kap. B.1.5.), während es gleichzeitig Neftenbach nicht mehr erreichte.

### 2.3. Das Gebiet südlich Winterthur

Der grösste Teil dieses Gebietes ist nur zur Zeit der maximalen Ausdehnung des "Würm"-Gletschers vom Eis bedeckt gewesen. Entlang des südlichen Eisrandes flossen grosse Mengen Schmelzwasser ab.

Das Gelände steigt generell gegen Süden an. Stliess das Eis des Rhein-Thur-Gletschers an die nach Norden abfallenden Molassehänge, so stauten sich an diesen Stellen die Schmelzwasser. Verschiedene Beobachtungen bestätigen dies:

- Bänderton (Seebodenablagerung) nordöstlich Kollbrunn (vgl. M. Steffen, 1964),
- Deltaschichtung in der Kiesgrube Chüferbuck (vgl. Kap.B. 2.3.1),
- Groblagen im Embracher-Schotterfeld, die während katastrophaler Schmelzwasserausbrüche gebildet wurden (vgl. Kap.B. 1.1.).

Nach M. Steffen, 1964, ist der Gletscher bis an die Kyburger Höhe vorgestossen. Dadurch war der Abfluss der Wasser aus dem Tösstal und der Bichelseerinne zumindest behindert. Beim Eingang ins Kempttal stiess möglicherweise der Linth-Glatttal-Gletscher an das Eis des Rhein-Thur-Gletschers. Damit entstand ein weiteres Hindernis für die Schmelzwasser. Auch der östlichste Teil des Dättnaus dürfte damit zeitweise blockiert gewesen sein. Der über Wülflingen Richtung Süden vorstossende Lappen (vgl. F. Kaiser, 1972) riegelte das Dättnau bei Neuburg ab.

Sobald sich diese Sperren durch das Abschmelzen des Eises öffneten, können grosse Wassermengen katastrophenartig Richtung Embrach und unteres Tösstal abgeflossen sein (vgl. Kap.B. 1.1.).

Beim Vorstoss zum zweiten Maximum ("klassisches Maximum") der letzten Eiszeit dürfte die Rinne Kollbrunn - Dättnau - Rumsstal offen geblieben sein. Die Moränenablagerungen im südlichen Eschenbergrau und bei Iberg entstammen vermutlich diesem zweiten Vorstoss.

Während des Vorstosses, dem im Thurtal die Eisrandlage zwischen Alten und Flaach (Schlierenstadium?, vgl. Kap.C., Tab.3 und Fig. 27) zuzuordnen ist, erreichte der Gletscher nur noch das Gebiet von Seen. Ob die Wallmoränen Gotzenwil - Oberseen während dieses Vorstosses entstanden sind, ist ungeklärt.

2.3.1. Kiesgrube Chüferbuck (Koord: 696'55o/259'15o, 535)

Die heute stillgelegte Kiesgrube befindet sich im westlichen Teil des Eschenberges, unweit des Wildparkes.

Gegenwärtig beobachtet man folgenden Aufbau:

Die untere Einheit wird durch einen deutlich fluviatil geprägten, stark verkitteten Schotter gebildet (vgl. Fig. 23). Deltaschichtung und Uebergussschichten belegen die Ablagerung in ein stehendes Gewässer. Die Schichten fallen gegen NNW ein.

Die Schotter der Uebergussschicht sind wesentlich gröber. Auf dieser unteren Einheit, deren Basis nicht aufgeschlossen ist, liegt eine stark verwitterte Grundmoräne. Deren petrographische Zusammensetzung weicht deutlich von jener der unteren Einheit ab (vgl. Fig. 23).

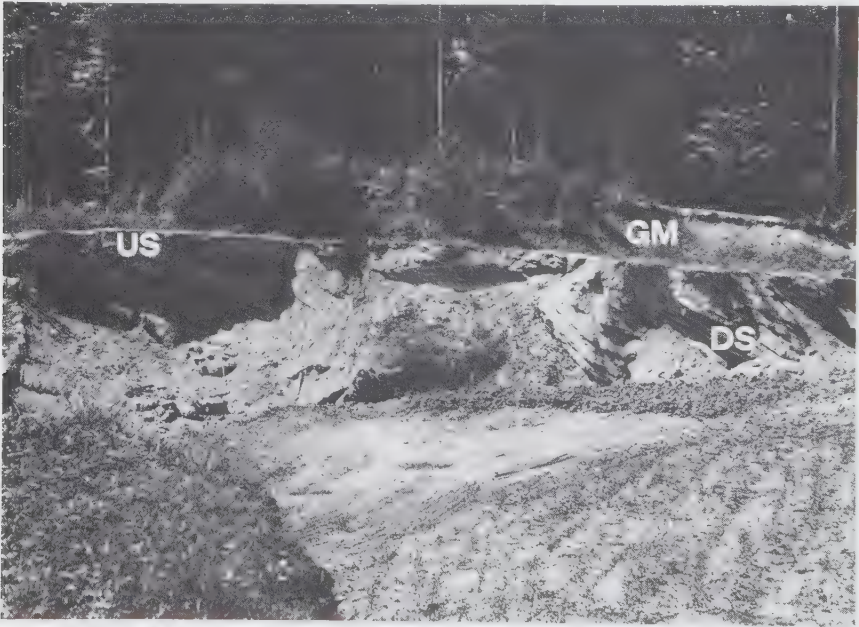


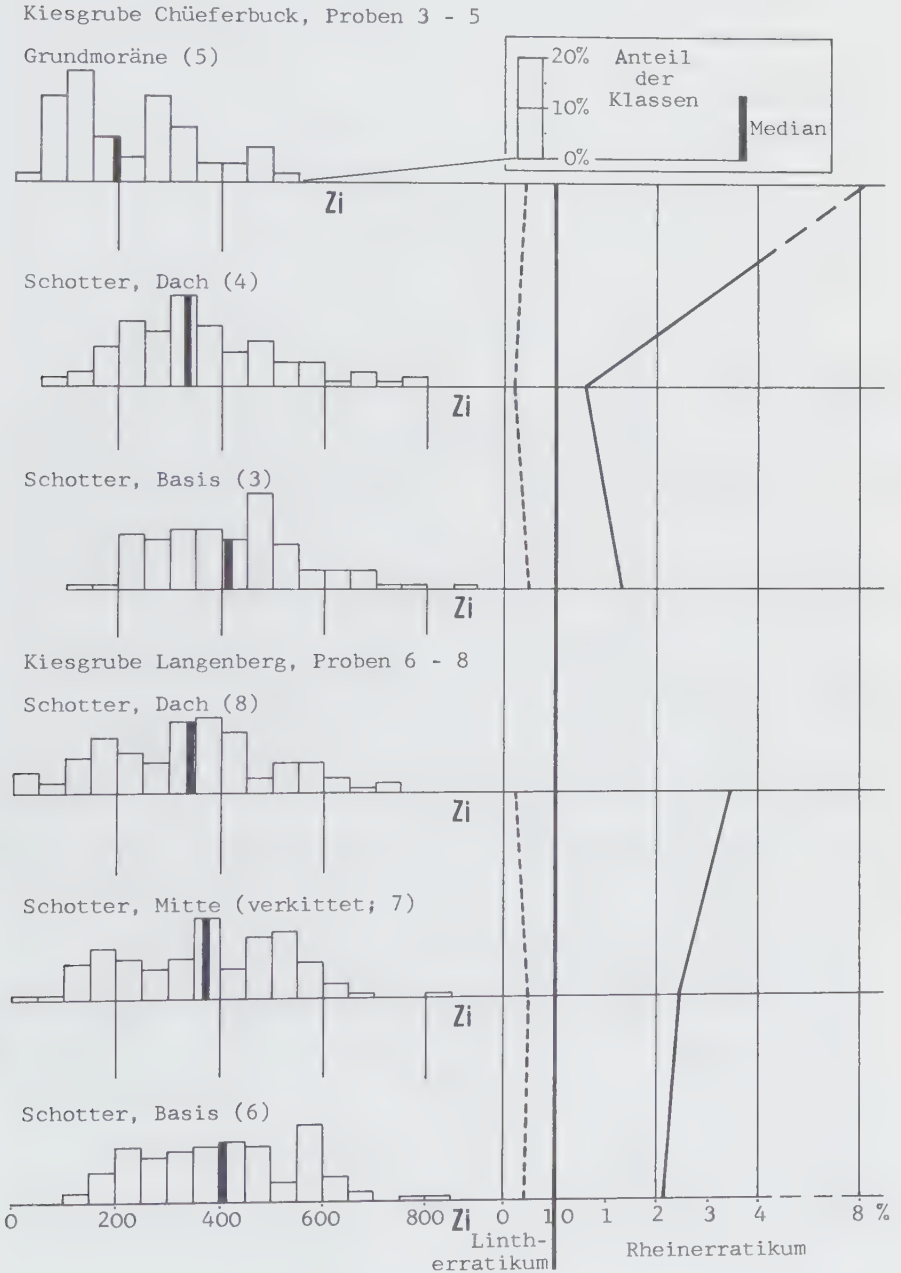
Abb. 19: Kiesgrube Chüferbuck, Ostwand (Koord: 696'55o/259'15o):

GM = Grundmoräne

US = Uebergussschicht

DS = Deltaschichtung

Fig. 23: ZURUNDUNGSWERTE UND VERTEILUNG DES ERRATIKUMS



### 2.3.2. Kiesgrube Langenberg (Koord: 696'250/258'800, 530)

Sie befindet sich 450m südwestlich der Kiesgrube Chüferbuck, auf etwa derselben Höhe. 1978 ist der Abbau intensiviert worden. Die folgende Beschreibung bezieht sich auf frühere, klare Aufschlussverhältnisse.

Mengenmässig überwiegen Schotter mit gut gerundeten Komponenten, die in einer etwa 10m breiten, von oben nach unten verlaufenden Zone, verkittet sind. Diese Zone enthält auch viele grosse Steine, und dunkle Kalke sind häufig leicht geschrammt. Die Zurundung nimmt von oben nach unten zu (vgl. Fig. 23), wobei die Zi-Werte in der verkitteten Zone etwas kleiner sind.

Es lässt sich kein deutlicher Unterschied in der petrographischen Zusammensetzung der einzelnen Schotterpartien beobachten (vgl. Fig. 23).

Die Schotter werden von einem Gemisch aus Sand, gut gerundeten Geröllen und grösseren Steinen überlagert. Besonders die Steine sind meist deutlich geschrammt. Die Zurundung entspricht aber jener von überwiegend fluviatil geprägtem Schotter. Die mehrmodale Verteilung der Zurundungswerte lässt darauf schliessen, dass es sich um vom Gletscher umgelagertes Schottermaterial handelt ("Mehrgenerationen-Sediment").

Nichts spricht dafür, dass die verkitteten Schotter eine besondere lithostratigraphische Einheit (vgl. Kap.B. 1.1.) darstellen. Vielmehr dürfte es sich um eine Zone mit verstärkter Wasserzirkulation handeln, begünstigt durch diese etwas grobkörnigere Schotterpartie.

### 2.3.3. Gedanken zur Genese der "Eschenbergschotter"

"Chüferbuck"- und "Langenberg-Schotter" weisen gemeinsame Züge auf:

- Bei beiden ist das Lintherratikum selten. Eine Schüttung durch die Schmelzwasser des Linth-Gletschers aus dem Kemptal ist aus diesem wie aus anderen Gründen (Tösslauf) unwahrscheinlich.
- Die Zurundung nimmt in den "Chüferbuck"- wie in den Langenberg-Schottern" nach oben ab.

Die beiden Schotter werden deshalb unter dem Begriff "Eschenbergschotter" zusammengefasst.

Trotzdem ist eine Korrelation der "Chüferbuck"- mit den "Lan-

genberg-Schottern" nicht gesichert, da in der Kiesgrube Langenberg weder die Deltaschichtung noch die Grundmoräne, die in der Kiesgrube Chüferbuck aufgeschlossen sind, beobachtet werden können.

Die Schmelzwasser des über Winterthur vorstossenden Rhein-Thurgletschers flossen wohl hauptsächlich an seinem Südrand ab. Bei Steigmühle hat möglicherweise das Eis selbst die Schmelzwasser gestaut. So konnte es zur Bildung eines kleinen Deltas (aufgeschlossen in der Kiesgrube Chüferbuck) kommen.

In der Folge dehnte sich der Gletscher jedoch noch weiter aus und überfuhr die vorher abgelagerten Schotter. In der Grundmoräne der Grube Chüferbuck erreicht der Anteil des Rheinerratrikums mit 8% den höchsten Wert aller Proben (vgl. Fig. 23).

#### 2.3.4. Aufschlüsse im Gebiet zwischen Seen und Kollbrunn

Dieses Gebiet ist schlecht aufgeschlossen. Die ehemals vorhandenen Kiesgruben sind aufgelassen und die Aufschlusswände verschüttet oder überwachsen.

Trotzdem sind die folgenden Punkte als gesichert zu betrachten:

- Es handelt sich um ein Zungenbecken.
- Ein gut ausgebildeter Moränenwall schliesst das Zungenbecken von Taholz über Iberg bis Hohwart gegen Süden ab.
- Der Gletscher stiess aus Richtung Norden in dieses Gebiet vor.

Die eiszeitlichen Lockergesteine in dieser Gegend waren früher besser aufgeschlossen. J. Weber beschreibt in seinen Arbeiten von 1908 und 1924 die geologischen Verhältnisse einiger wichtiger Lokalitäten:

- "Ibergshotter": Diese wurden östlich Sennhof, bei Mulchlingen und im Weiherhölzli ausgebeutet. Aufbau: Schicht von kiesigem Verwitterungslehm, darunter 1.5 bis 2m Moränenlehm mit vielen scharf gekritzten Kalkgeschieben, darunter ein bis 10m mächtiges Lager von Schotter.
- Der oben beschriebene Moränenwall war an drei Stellen gut aufgeschlossen. Ueberall treten die für einen Moränenwall typischen Sedimente auf.

Die Vermutung J. Hugs, 1910, die Töss sei einst von Kollbrunn aus nach Seen und ins Winterthurer Tal geflossen, kann M. Steffen, 1964, bekräftigen. Er weist auf den breiteren, reiferen Querschnitt des Tösstales oberhalb Sennhof hin. Das enge, einphasig gebildete Tal unterhalb davon müsse jünger sein. Steffen findet weitere Indizien in Aufschlüssen um Kollbrunn und in geoelektrischen Widerstandsmessungen und einem seismischen Profil von A.E. Süsstrunk, 1961/63 (zitiert in M. Steffen, 1964):

Danach floss die Töss bis zum Vorstoss des "Würm"glatschers in diese Gegend von Kollbrunn aus über Bolsteren und das Tälchen zwischen Chlösterli und Schartegg nach Ta. Ihren weiteren Lauf nimmt Steffen von Gotzenwil über Felsenhof nach Seen an.

Die Laufänderung der Töss ist nicht zu bezweifeln. Problematischer ist deren zeitliche Einordnung. Folgende Täler sollen (vgl. C. Schindler, 1978) als Schmelzwasserrinne während der letzteiszeitlichen Maximalausdehnung entstanden sein (gewirkt haben?): Bichelseerinne - Tössstal (Turbenthal - Reitplatz) - Dättanau - Rumstal. Nach der Richtung der Talachsen und dem "Reifegrad" dieser Täler ist diese Korrelation anzunehmen.

Entstand diese Rinne gänzlich während der letzten Eiszeit? Obwohl die Erosionsleistungen hier nicht konkret fassbar sind, ist dies zumindest zweifelhaft. Wahrscheinlicher scheint deren präletzteiszeitliche Anlage. Insofern ist auch die Datierung der oben erwähnten Laufänderung der Töss zu überdenken.

## C. DIE AUSDEHNUNG DES LETZTEISZEITLICHEN RHEIN-THUR-GLETSCHERS

Unter Verwendung der Resultate verschiedener Autoren\* und unter Einbezug der eigenen Untersuchungsergebnisse wird versucht, die Ausdehnung des "Würm"glatschers zu verschiedenen Zeiten darzustellen.

Folgenden Punkten wurde dabei ein besonderes Augenmerk geschenkt:

- den aus der Bearbeitung der Aufschlüsse resultierenden Erkenntnissen,
- der Höhenlage und dem Verlauf der Wallmoränen,
- der Lage und der Ausdehnung der Schotterfelder,
- dem Verlauf der Entwässerungsrinnen und
- dem mutmasslichen Molasserelief.

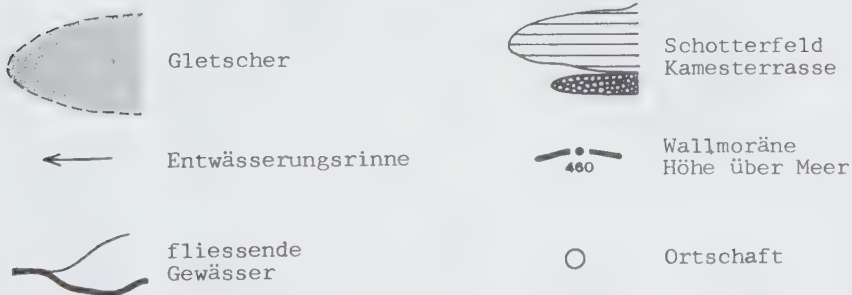
### Inhalt und Legende der Kartenskizzen

Von den genannten Korrelationskriterien sind drei in die Skizzen eingetragen: Wallmoränen, Schotterfelder und Entwässerungsrinnen.

Zu beachten ist, dass es sich jeweils um "Momentaufnahmen" handelt. Alle vorangegangenen Ereignisse sind berücksichtigt, aber nicht dargestellt.

Das Gewässernetz entspricht den heutigen Verhältnissen und ist lediglich als Orientierungshilfe gedacht.

Legende für die folgenden Figuren 24 bis 29:



\* H. Graul, 1962; M. Steffen, 1964; R. Hantke, 1967; L. Ellenberg, 1972; W.A. Keller, 1977; C. Schindler, 1978; O. Keller und E. Krayss, 1979

Tab. 3: KORRELATIONSVERSUCH DER EISRANDLAGEN ("WUERM"GLETSCHER)

| Alter:                      | Eisrand bei:                                  |                                  |                                                                   |
|-----------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
|                             | Linth-Rhein-Gletscher<br>(C. Schindler, 1968) | Rhein-Thur-Gletscher             |                                                                   |
|                             |                                               | Thurtal s.l.                     | östliches Arbeitsgebiet<br>Tösstal s.l.                           |
| Hauptteil<br>Zürichstadium  | Zürich                                        | zwischen Andelfingen und Dätwil  | östlich Niederwil, Eschlikon, Weisikon<br>eisfrei                 |
| frühes<br>Zürichstadium     | Altstetten                                    | Alten                            | Adlikon, Dägerlen, Seuzach<br>eisfrei                             |
| Schlierenstadium            | Schlieren                                     | zwischen Alten und Flaach        | Henggart<br>Sporrer bei Wülflingen, Veltheim, Altstadt Winterthur |
| ?                           | ?                                             | Jestetten - Steinenkreuz, Flaach | Humlikon, Hünikon<br>zwischen Pfungen und Neftenbach              |
| spätes<br>Killwangenstadium | Killwangen-Spreitenbach                       | Rüdlingen II Grälikon            | vollständig eisbedeckt (keine Nunatakkr)<br>Dättlikon             |
| Killwangen<br>Hauptstadium  | Killwangen                                    | Rüdlingen I Ober-Buch            | vollständig eisbedeckt (keine N.)<br>zwischen Embrach und Rorbas  |





Fig. 26: JESTETTEN, HUMLIKON, PFUNGEN

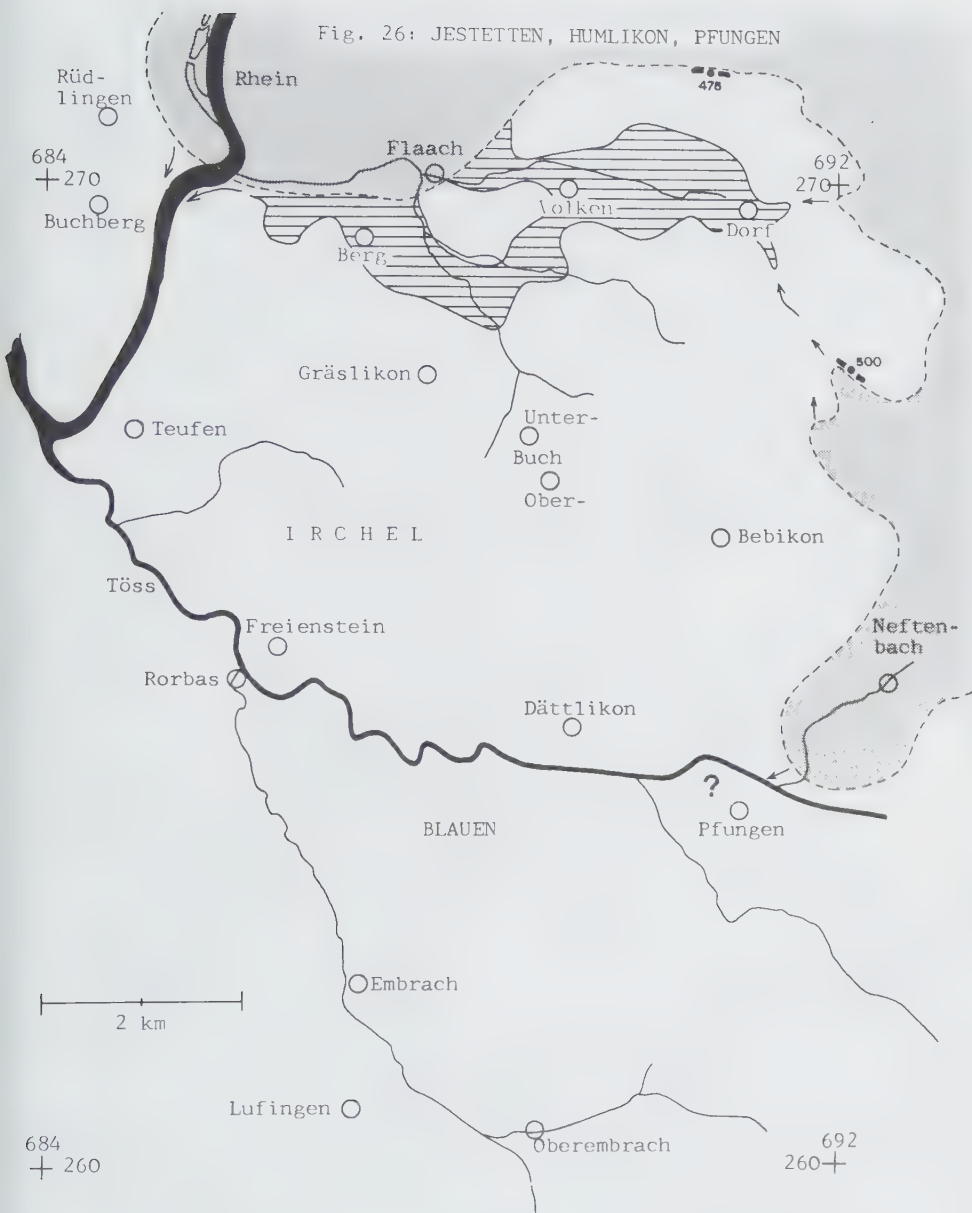


Fig. 27: ZWISCHEN ALTEN UND FLAACH ,  
HENGGAART, WINTERTHUR

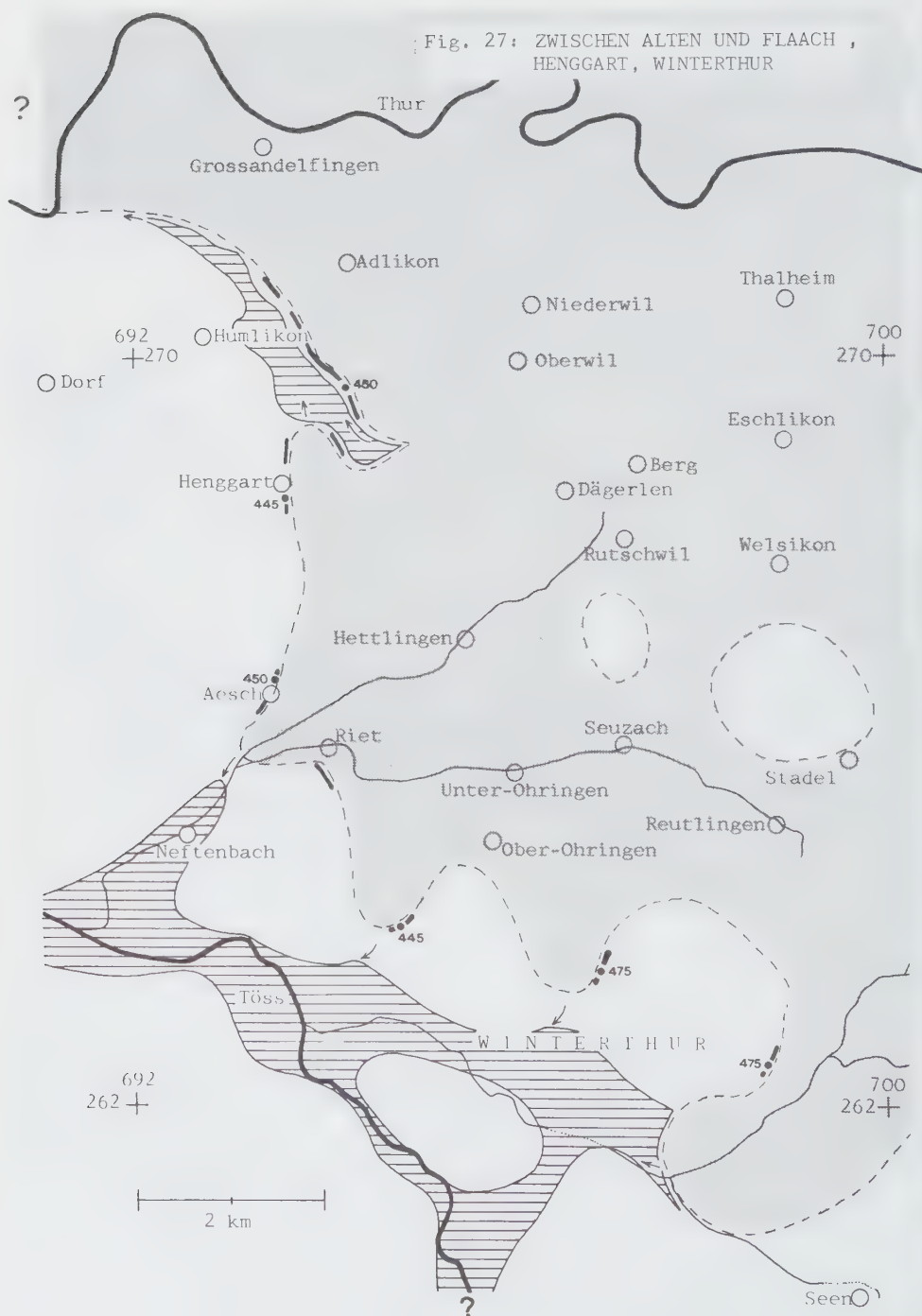


Fig. 28: ALTEN, ADLIKON, DAEGERLEN, SEUZACH



Fig. 29: DAETWIL, ESCHLIKON, WELSIKON



## D. POSTGLAZIALE UMGESTALTUNG DER LANDSCHAFT

### 1. Nacheiszeitliche Schotterumlagerungen im Neftenbacher-Schotterfeld

#### 1.1. Die topographischen und geologischen Verhältnisse

Das Neftenbacher-Schotterfeld dehnt sich von Seuzach bis Neftenbach aus. Hier vereinigte es sich vor der Erosion durch die Töss mit dem Winterthurer-Schotterfeld. Wie Inseln ragen aus der Schotterebene Drumlins und Moränengebiete heraus.

J. Weber, 1924, nimmt für die "Neftenbacher-Schotter" eine durchschnittliche Mächtigkeit von 10 bis 15m an. Deren Gefälle berechnete er wie folgt: im nordöstlichen Teil 8.5‰,

im mittleren Teil 4‰,

gegen das südliche Ende weniger als 4‰.

Die Schotter sind schlecht sortiert und mässig gerundet. Kratzer fehlen auf den Geröllen, deren Durchmesser selten 10cm übersteigt.

Das Schotterfeld von Neftenbach - Seuzach ist aus mehreren Schwemmfächern zusammengesetzt, die von verschiedenen Eisrandlagen aus geschüttet wurden (vgl. U. Käser, 1975, und Kap. C). Trotzdem ist nur ein Akkumulationsniveau zu beobachten. Diese Tatsache ist wie folgt zu interpretieren:

- Die verschiedenen Schmelzwasserbäche vereinigten sich auf dem selben Niveau.
- Spätere Schüttungen vermochten die vorangegangenen umzulagern und niveaumässig auszugleichen.

Molasseerhebungen begrenzen das Schotterfeld im Westen, Süden und Nordosten. Flache Wasserscheiden liegen im Osten und Norden, gegen Südwesten öffnet es sich zum Tösstal hin.

#### 1.2. Hydrologische Verhältnisse

Der Chrebsbach entwässert das südliche Neftenbacher-Schotterfeld, sowie die südlich anschliessenden Gebiete, insgesamt bis Riet eine Fläche von ca. 16.6km<sup>2</sup>. Dem Wisenbach fliesst das Wasser aus dem 13.2km<sup>2</sup> grossen nördlichen Teilgebiet zu. Das Wasser dieser beiden Bäche wird vom Näfbach durch den südwestlichsten Teil des Schotterfeldes der Töss zugeführt.

Einzugsgebiete, mittlere Wasserführung und Gefälle aller Bäche sind gering. Hydrogeologische Untersuchungen (H. Jäckli, 1967)

ergaben, dass das Grundwasser des südlichen Teiles des Neftenbacher-Schotterfeldes südöstlich Riet gestaut wird und um den Molassehügel Juch herum gegen Neftenbach abfließt.

### 1.3. Niederschlagswerte

Das Jahresmittel beträgt für Oberwinterthur 1039mm (H. Uttinger, 1965). Von besonderem Interesse hinsichtlich der Fragestellung sind jedoch die kurzfristigen Spitzenwerte, die zu Ueberschwemmungen führen können. D. Steiner, 1953, hat diese für Kollbrunn zusammengestellt. Für das etwas alpenferner liegende Einzugsgebiet des Neftenbacher-Schotterfeldes müssten diese allenfalls ein wenig kleiner angesetzt werden.

In den 71 Beobachtungsjahren zwischen 1878 und 1948 erreichten in Kollbrunn 2 Monate Niederschlagsmengen über 300mm, 12 Monate solche zwischen 250 und 299mm. Das absolute Tagesmaximum der Beobachtungszeit von 1877 bis 1949 wurde mit 126mm registriert. Tägliche Niederschlagsmengen von mehr als 100mm kommen durchschnittlich alle 35 Jahre einmal vor.

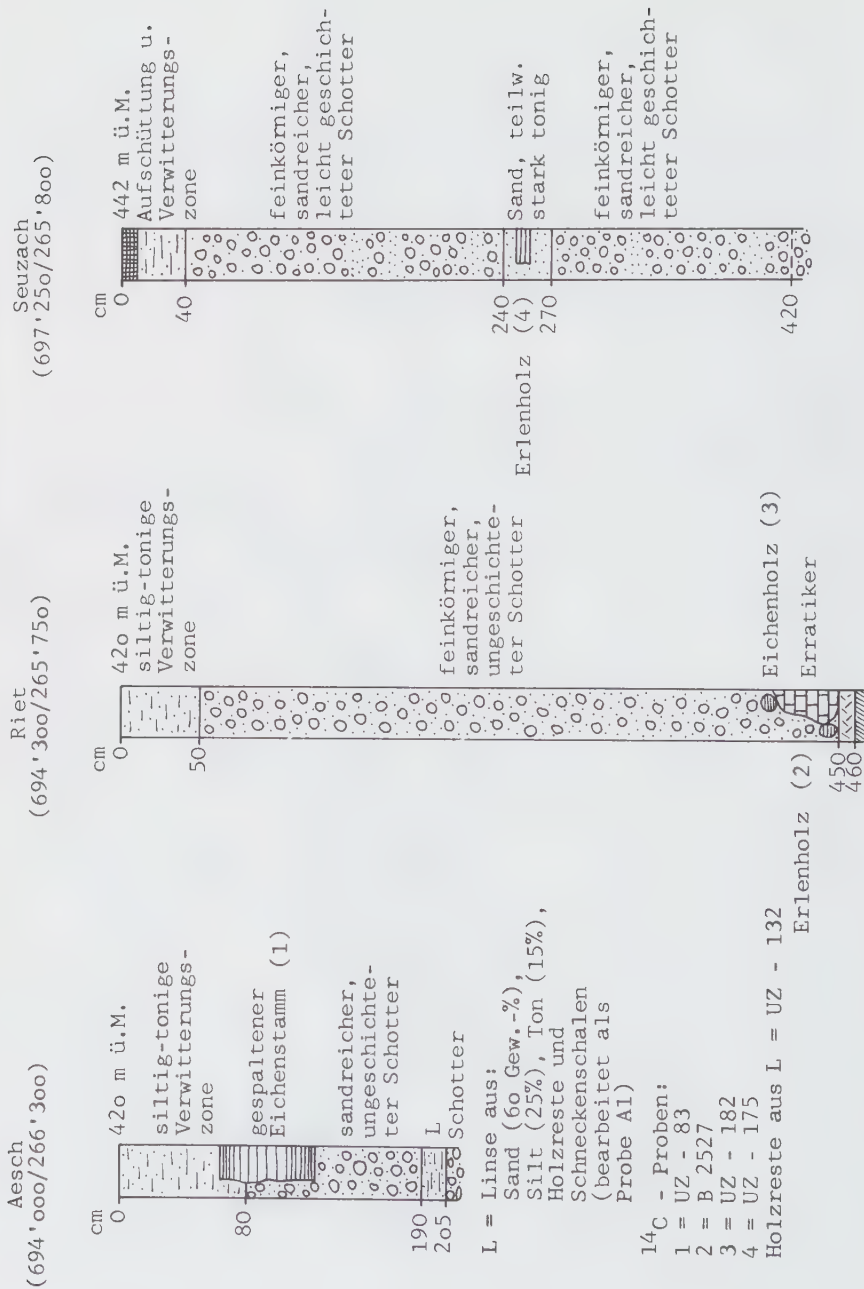
F. Schiesser, 1953, gibt Niederschlagshöhen während dreier Hochwasser (1876, 1910, 1953) an:

| Station:   | Hochwasser und Niederschläge: |                  |                  |
|------------|-------------------------------|------------------|------------------|
|            | 10.-12.Juni 1876              | 13.-15.Juni 1910 | 24.-27.Juni 1953 |
| Kollbrunn  | -                             | 85 mm            | 110 mm           |
| Winterthur | 305 mm                        | 72 mm            | 122 mm           |

Fig. 3o : LAGE DER AUFSCHLUESSE IM NEFTENBACHER-SCHOTTERFELD  
(Geologie nach R. Hanike, 1967, und eigenen Aufnahmen)



Fig. 31: GEOLOGISCHE PROFILE AUS DEM NEFTENBACHER-SCHOTTERFELD



#### 1.4. Interessante Aufschlüsse

##### 1.4.1. Aesch (Koord: 694'000/266'300, 420; vgl. Fig. 30)

Während der Feldarbeit entstanden anlässlich der Korrektionsarbeiten an den Bächen im Neftenbacher-Schotterfeld laufend neue Aufschlüsse, die jedoch heute nicht mehr zugänglich sind. Bei Aesch war der Schotter bis in eine Tiefe von 2m aufgeschlossen (vgl. Fig. 31).

##### Linse aus sandig-tonigem Material mit organischen Resten

Von besonderem Interesse war eine Linse (A1; Relikt?) aus sandig-tonigem Material im Profil (vgl. Fig. 31 und Abb. 20). Die Bestimmung des Gehaltes an organischem C nach Walkly und Black ergab mit 2% einen recht hohen Wert.

Durch vorsichtiges Schlämmen - mit einem feinen Wasserstrahl wurde die Probe durch Siebe unterschiedlicher Maschenweite hindurchgeschwemmt - wurden die organischen Makroreste vom übrigen Material getrennt. Neben Holzresten konnten so auch Gastropodenschalen gefunden werden.

Die 14C-Datierung der Holzreste - es handelte sich, soweit bestimmbar, ausschliesslich um Weide (*Salix* sp.) - ergab ein Alter von 10'575 $\pm$ 225 y BP (Labornummer: UZ - 132).

##### Eichenstamm (*Quercus* sp.)

In den obersten Schichten des gut gewaschenen Schotters lag leicht eingebettet ein ca. 6m langer Eichenstamm. Er mochte ursprünglich einen Umfang von etwa 2.20m gehabt haben, jetzt lag nur noch die eine Hälfte des Stammquerschnittes vor. Eine Stammscheibe davon wurde von Dr. B. Becker, Universität Hohenheim, dendrochronologisch datiert. Danach lag das Endjahr ziemlich genau bei 2400 v. Chr. Eine endgültige Altersangabe war deshalb nicht möglich, weil die bronzezeitliche Chronologie am Anfang nur durch eine einzige Probe belegt war.

Eine 14C-Datierung der äussersten Jahrringe ergab später aber ein Alter von

4245 $\pm$ 85 y BP (Labornummer: UZ - 83).

Damit war die dendrochronologische Datierung bestätigt, und mit diesem Fund konnte die 1300 Jahrringe umfassende bronzezeitliche Chronologie von Dr. B. Becker um 16 Jahre zurückverlängert werden.

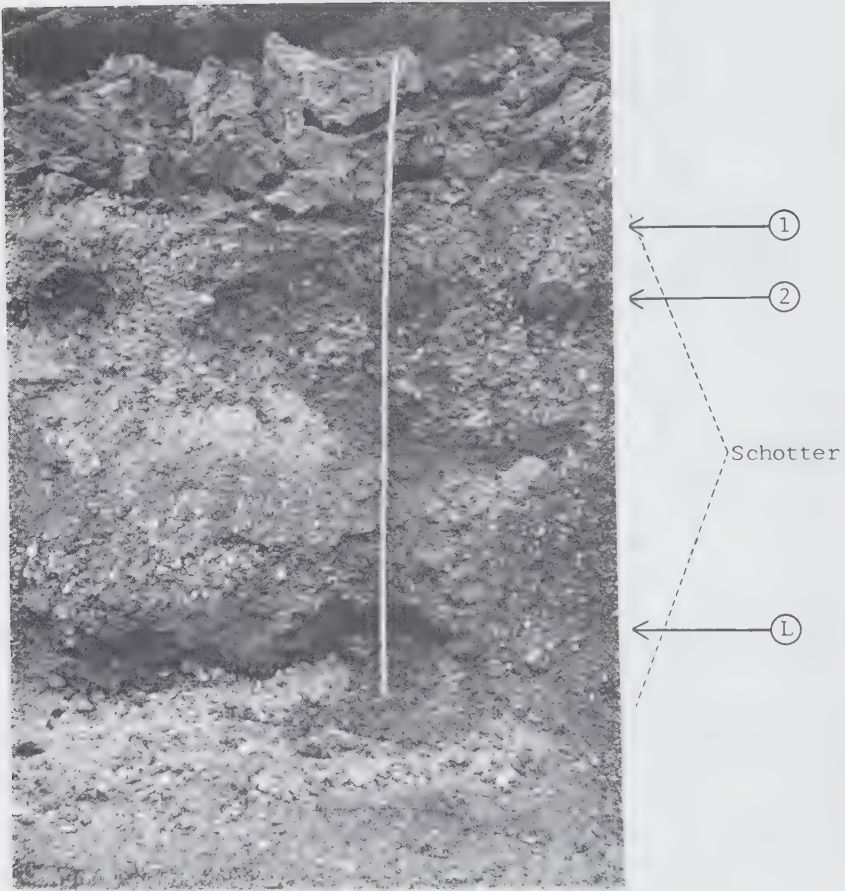


Abb. 20: Aufschluss Aesch (Koord: 694'000/266'300):

- ① = Linse (bearbeitet als A1), enthaltend: Sand, Ton, Holzreste und Schneckenschalen; gegen rechts auskeilend, teilweise herausgestochen
- ① = Lage des Eichenstammes
- ② = weitere Holzreste in den obersten Schottererschichten, nicht 14C-datiert

Tab. 4 : AUSWERTUNG DER IN PROBE A1 GEFUNDENEN GASTROPODEN-SCHALEN (ausgeführt von Herrn Dr. H. Turner, Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf):

| Artenliste und Anzahl Exemplare                                             | Oekologische Charakteristik                                                                                            | Paläoklimatische Charakteristik                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Columella columella</i><br>G. v. Martens, 1830<br>5 Exemplare            | offene Standorte, v.a. im Rasen zwischen Steinen d. alpinen Region                                                     | hochkaltzeitliche Leitart (v.a. im Löss und in entsprechenden Bildungen)                |
| <i>Pupilla muscorum</i> f. <i>pratensis</i> Clessin, 1871 *<br>36 Exemplare | im Rasen offener Standorte (insbesondere in feuchten, torfhaltigen Wiesen)                                             | vorwiegend kaltzeitlich                                                                 |
| <i>Trichia concinna</i> (Jeffreys, 1830)<br>1 Exemplar (juv.)               | mittelfeuchte Standorte, meist in Talauen, auch im Schutt bis in die alpine Region                                     | vorwiegend kaltzeitlich (auch im Löss)                                                  |
| <i>Trichia plebeja</i> (Draparnaud, 1805)<br>2 Exemplare                    | standortmässig ziemlich indifferent                                                                                    | sowohl kalt- als auch warmzeitlich (auch im Löss)                                       |
| <i>Succinea oblonga</i> Draparnaud, 1801<br>23 Exemplare                    | jetztzeitlich an feuchte, jedoch nicht nasse Standorte gebunden (pleistozäne Formen z.T. an trockene Umwelt angepasst) | vorwiegend kaltzeitlich (üblicherweise im Löss, aber auch in anderen Ablagerungen)      |
| <i>Vertigo parcedentata</i><br>A. Braun, 1847<br>16 Exemplare               | auf feuchten bis nassen, meist torfigen Wiesen                                                                         | v.a. in feuchten Abschnitten von Kaltzeiten (meist in Sumpfablagerungen, nicht im Löss) |
| <i>Galba truncatula</i> (Müller, 1774)<br>2 Exemplare (davon 1 juvenil)     | in kleinen Gewässern und auch am Lande in Wassernähe                                                                   | sowohl in kalt- als auch warmzeitlichen Ablagerungen (stellenweise im Löss)             |

Nach Herrn Dr. Turner ist die Gastropodenfauna eindeutig kaltzeitlich einzustufen, vor allem, wenn man die Individuenzahl berücksichtigt. Aufgrund des sehr guten bis ausgezeichneten Erhaltungszustandes der Schalen ist nach ihm eine Umlagerung von weither ausgeschlossen.

\* Dazu liegt eine andere Bestimmung (durch Herrn M. Wüthrich, Boll-Sinneringen) vor: *Pupilla loessica* Ložek, 1954

Abb. 21: Gastropodenschalen aus Probe A1 (Aesch: 694'000/266'300)



*Columella columella*  
G. v. Martens, 1830



*Pupilla muscorum* f. *pratensis* Clessin, 1871  
(vgl. Tab. 4)



*Succinea oblonga* Darnaud, 1801



*Vertigo parcedentata*  
A. Braun, 1847

Alle Gastropodenschalen sind im selben Vergrößerungsmaßstab dargestellt.

Vergleichsmaßstab: ————— 3 mm —————

(Aufnahmen Dr. G. Bazzigher, EAFV)

1.4.2. Riet (Koord: 694'300/265'750, 420; vgl. Fig. 30)

Lediglich bei Riet war der Molassefels unter den quartären Ablagerungen aufgeschlossen. Während die Schotter im Profilbereich (vgl. Fig. 31) noch ca. 4.50m mächtig sind, keilen sie nach Norden zu einem 50cm dünnen Band aus, das dort direkt der Molasse aufliegt. Die Molasse bildet hier eine Schwelle, die das Grundwasser staut (vgl. Abb. 22 und Kap. D. 1.2.) Gegen Norden sinkt die Felsoberfläche dann rasch wieder ab, wie aus ihrem Fehlen in der nahen Kiesgrube geschlossen werden darf.

Wie dem Profil (Fig. 31) entnommen werden kann, liegen auf der Molasse grosse Steine und ein Erratiker in einer lehmigen Schicht. Diese ist als Grundmoräne zu bezeichnen. Unmittelbar auf der Grundmoräne fand sich beim Erratiker ein kleines Aststück einer Erle (*Alnus* sp.). Seine 14C-Datierung ergab ein Alter von

3940±70 y BP (Labornummer: B-2527).

Ebenfalls an der Basis der Schotter lag unweit dieser Stelle ein Stück Eichenholz (*Quercus* sp.). Sein 14C-Alter beträgt

4110±90 y BP (Labornummer: UZ - 182).



Abb. 22: Aufschluss Riet (Koord: 694'300/265'800):  
Blick gegen Nordosten, 50m nördl. des Profils (Fig. 31)  
M = Molassemergel, S = Schotter

1.4.3. Seuzach (Koord: 697'25o/265'8oo, 442; vgl. Fig. 3o)

Die Aufschlussverhältnisse sind in Fig. 31 dargestellt. Die sandige, oft stark tonige Schicht war über mehrere Meter horizontaler Distanz aufgeschlossen und enthielt viele Holzreste. Die Probe eines Stückes Erlenholz (*Alnus* sp.) ergab ein <sup>14</sup>C-Alter von

2320±90 y BP (Labornummer: UZ - 175).

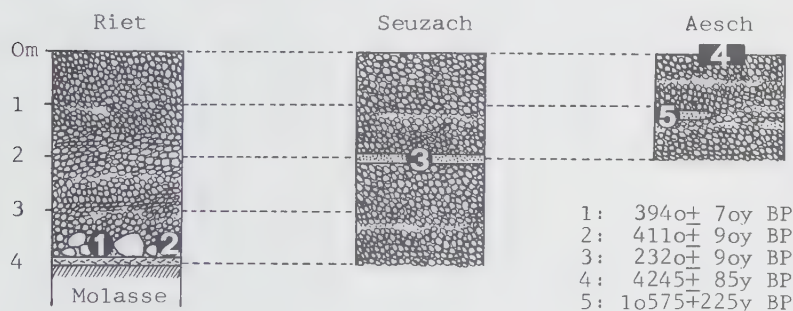


Abb. 23: Aufschluss Seuzach (Koord: 697'25o/265'8oo):  
tonreiche Sandschicht mit Holzresten, über- und unterlagert von je ca. 2m mächtigen Schotterschichten

### 1.5. Zusammenfassung der Befunde

- Zwei Holzproben von der Basis der "Neftenbacher-Schotter" bei Riet haben ein  $^{14}\text{C}$ -Alter von ca. 4000 y BP.
- Etwa das selbe  $^{14}\text{C}$ -Alter weist ein Eichenstamm auf, der bei Aesch in den obersten Schotterschichten lag.
- Die beiden Holzproben, die zwischen zwei Schotterpaketen gefunden wurden, ergeben sowohl das jüngste als auch das älteste Datum:  
 Seuzach:  $^{14}\text{C}$ -Alter um 2000 y BP,  
 Aesch :  $^{14}\text{C}$ -Alter um 10'000 y BP.

Fig. 32: ZUSAMMENFASSENDE DARSTELLUNG DER BEFUNDE IM NEFTENBACHER-SCHOTTERFELD



### 1.6. Interpretation

Nach dem Zurückschmelzen des Gletschers ins Thurtal kam im Gebiet des Neftenbacher-Schotterfeldes kein alpines Geröllmaterial mehr zur Ablagerung. Andererseits steht fest, dass überall dort, wo holozäne Hölzer mit Schottern bedeckt sind, dieselben auch erst in der Nacheiszeit an diesen Stellen abgelagert wurden. Offenbar fanden bedeutende Schotterumlagerungen statt; dies in einem Gebiet, das ohne Zweifel ausserhalb des Einzugsgebietes der Töss lag.

Die 4m mächtigen Schotter bei Riet müssen während der letzten 4000 Jahre geschüttet worden sein. Die  $^{14}\text{C}$ -Alter ergeben dabei ein Maximalalter für den hangenden Schotter. Ferner ist zu be-

achten, dass die Hölzer direkt in der Basisgroblage auf der reliktkischen Grundmoräne lagen. Aeltere Schotter waren entweder nicht existent oder sind vorgängig erodiert worden.

Die Schotterumlagerung muss während Ueberschwemmungsphasen erfolgt sein. B. Becker, 1976, hat solche Phasen verstärkter Flussaktivität im Donau-, Main- und Oberrheingebiet nachgewiesen. Diese können zeitlich überregional korreliert werden. Ab ca. 3800 v. Chr. beginnt in den genannten Flussgebieten eine fluviale Aktivität, die bis 2800 v. Chr. andauert und dann zwischen 2500 und 1600 v. Chr. zur Entstehung des ersten Haupthorizontes von Eichenstämmen in den südmittleuropäischen Flussgebieten führt. Diese Phase war mit einer ausgeprägten Seitenerosion und Schotterverlagerung verbunden.

B. Becker hat seine Untersuchungen in grossen Flusstälern durchgeführt. Als Zeitmarken dienten ihm Eichenstämmen, die teilweise in grosser Zahl in bestimmten Horizonten gefunden werden konnten. Obwohl das Neftenbacher-Schotterfeld nicht in einem Flusstal liegt und die Zahl der Holzfunde wesentlich geringer ist, scheint doch eine offensichtliche genetische Vergleichbarkeit zu bestehen.

Es dürfte auch im Neftenbacher-Schotterfeld von 3800 bis etwa 1600 v. Chr. zu grossen Ueberschwemmungen und damit verbundenen Schotterumlagerungen gekommen sein (vgl. Fig. 32). Bei Aesch erfasste die Umlagerung nur eine etwa 1m mächtige Schotterschicht. Darunter liegt die Linse aus sandig-tonigem Material mit Gastropodenschalen, die zusammen mit den Hölzchen, deren Alter rund 10'000 Jahre beträgt, nicht umgelagert wurden (vgl. Tab. 4 und Abb. 20). Es besteht aber auch die Möglichkeit, dass der in die obersten Schotterschichten eingebettete Eichenstamm, der zweifellos während dieser Ueberschwemmungsphase deponiert wurde (laut schriftl. Mitteilung von B. Becker), auf älterem Material liegt.

Bei Riet wie bei Aesch oder Seuzach können die Schotter nicht weiter gegliedert werden. Dies deutet evtl. darauf hin, dass sie in relativ kurzer Zeit, ohne markante Aenderungen im Sedimentationsablauf, geschüttet wurden und nachher "intakt" geblieben sind.

Die mächtigere Akkumulation bei Riet kann durch die Verhältnisse der Molassetopographie erklärt werden. Es handelt sich hier

um eine Engstelle, durch welche das Wasser kanalisiert wurde, und um eine Molasseschwelle, welche das Geröll- und Sandmaterial aufhielt.

Jüngere Ueberschwemmungsphasen dürften die oberen 2m mächtigen Schotter bei Seuzach gebildet haben. Das im Liegenden derselben entdeckte Holz hat ein  $14C$ -Alter von  $2320 \pm 90$  y BP. Somit dürfte es zu Beginn des zweiten Haupthorizontes (nach B. Becker, 1976, zwischen 277 v. Chr. und 236 n. Chr.) in Sand und Ton eingebettet worden sein.

#### 1.7. Zusammenfassung

Im Neftenbacher-Schotterfeld lassen sich beträchtliche holozäne Schotterumlagerungen nachweisen, obwohl dieses ausserhalb des Einflussbereiches eines grösseren Baches oder gar Flusses liegt.

Zwei Phasen lassen sich anhand von  $14C$ -Daten und einer dendrochronologischen Korrelation zeitlich einordnen. Es ergibt sich eine gute Uebereinstimmung mit den von B. Becker, 1976, durchgeführten Untersuchungen aus dem Donau-, Main- und Oberrheingebiet.

## 2. Holozäne Umgestaltung des Tösstaales

Die glazialen Ablagerungen sind vorgängig besprochen worden (vgl. Kap. B.1.4.). Im Bereich der Steilhänge und des Talbodens fand auch in der Nacheiszeit eine dauernde Umgestaltung statt. Selbst nach der Tösskorrektur ist der Talboden verschiedentlich überschwemmt und damit auch umgestaltet worden. Die Steilhänge in Molassemergelformationen weisen auch heute noch aktive Rutschzonen auf.

### 2.1. Der Talboden

Hans Konrad Gyger stellt in seinem Plan des Kantons Zürich 1667 die Töss bei Pfungen als völlig verwilderten Fluss dar. An drei Stellen verläuft der Fluss in diesem Talabschnitt bereits im Molassefels:

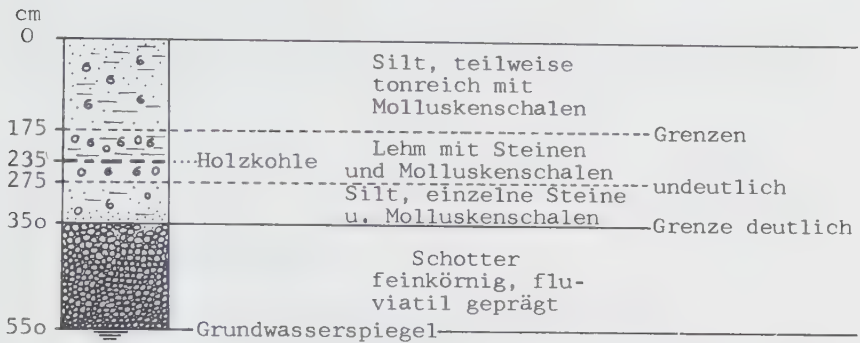
- unterhalb Wülflingen bei Hard,
- gegenüber Pfungen zwischen Irchelabhang und Tössfeld und
- beim Eintritt in die Tössschlucht unterhalb Dättlikon.

Eine zeitliche Einstufung der Erosions- und Akkumulationsphasen ist noch nicht eindeutig möglich. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass die von B. Becker, 1976, beschriebenen Phasen verstärkter Flussaktivität auch im Tössstal zeitlich etwa gleich abgelaufen sind, zumal diese im Neftenbacher-Schotterfeld nachgewiesen werden können (vgl. Kap. D. 1.6.).

Eine Zeitmarke lieferte immerhin eine <sup>14</sup>C-Datierung von Holzkohle, die im Schwemmfächer des Tobelbaches westlich Pfungen gefunden wurde. Die Fundstelle liegt ca. 10m über der Tössallmend, dem Tössniveau vor ihrer Korrektur.

### Aufschlussverhältnisse

Fig. 33: PROFIL AUS DEM SCHWEMMFAECHER DES TOBELBACHES  
(Koord: 690'000/263'500, 388.5)



### Ergebnisse

- 14C-Alter der Holzkohle: 3340±125 y BP (Labornummer: UZ - 84)
- Mollusken-Fauna: *Acicula polita* \*  
*Carychium minimum* \*  
*Cochlodina laminata* \*  
*Discus rotundatus* \*  
*Ena obscura* \*  
*Lymnaea peregra ovata* \*  
*Vallonia costata* \*

\* zahlenmässig dominierende Formen

Berücksichtigt man die Individuenzahl, so gleicht die Fauna jener der Seetone des Zulgschuttfächers (vgl. Ch. Schlüchter, 1976).

### Interpretation

Da im gesamten Profil nur Mollusken aus einer Warmzeit gefunden wurden, dürfte der aufgeschlossene Abschnitt des Schwemmfächers im Holozän entstanden sein. Die Sedimentation erfolgte recht kontinuierlich, offenbar ohne direkte Einwirkung der Töss. Für die Bildung der oberen 2m mächtigen Ablagerungen standen max. 3300 Jahre zur Verfügung. Es ist aber auch möglich, dass der gesamte Schuttfächer wesentlich jünger ist.

## 2.2. Die Steilhänge

Wie in U. Käser, 1975, dargestellt, sind die Talhänge mehr oder weniger stark durch Mulden- und Kerbtäler gegliedert.

Muldentälchen werden dabei im Sinne von H. Louis, 1961, interpretiert und als Dellen bezeichnet. Im Periglazialbereich in ihren Hauptzügen entstanden, wurden sie im Holozän teilweise von Rutschungen betroffen oder von der fluviatilen Erosion erfasst. Ihre Mündungen liegen im Tösstal durchwegs über der Akkumulationsoberfläche der "Würm"-Schotter.

Auch bei den Kerbtälern lässt sich beobachten, wie diese zweiphasig gebildet wurden:

- Bildung des Hauptteiles des Tales mit einer Erosionsbasis über dem heutigen Talboden,
- "Anzapfung" dieses Tales durch rückschreitende Erosion vom heutigen Talboden aus.

Häufig fehlen Schuttfächer mit den korrelaten Sedimenten dieser Seitentälchen. Möglicherweise sind diese jedoch nie gebildet worden, da Sand- und Mergelmaterial, aus dem die Seitenhänge bestehen, sehr leicht und kontinuierlich verschwemmt wird. Dies ist im Hinblick auf die zeitliche Einordnung der Genese der Seitentäler zu beachten.

Wie können die hangenden Mündungen interpretiert werden?

Einerseits dürfte es die Eisoberfläche gewesen sein, die als Erosionsbasis wirkte. M. Steffen, 1964, erwähnt die Tälchen am Südhang des Lindberges, die als Schmelzwasserrinnen entstanden seien, während der Gletscher im Winterthurer Tal lag.

Andererseits lag der Talboden nach Akkumulationsphasen wesentlich höher (z.B. nach der Schüttung des Neftenbacher- und Winterthurer-Schotterfeldes bei Pfungen auf 412m ü.M.).

Es stellt sich somit noch die Frage, wann die Seitentälchen entstanden sind.

Auffällig ist in diesem Zusammenhang die reichere Gliederung der linken Abhänge des Rumstaes und der Irchelabhänge von Dättlikon talabwärts. Diese Tatsache kann wie folgt gedeutet werden: Die Anlage der Tälchen erfolgte präwürmisch. Während der letzten Eiszeit sind überall dort die Formen verwischt worden, wo das Eis zu erodieren vermochte. Dass der Nordhang des Blauen, obwohl unterhalb Dättlikon liegend, nur wenige kleine Dellen aufweist,

unterstützt diese Hypothese. Hier dürfte nämlich die glaziale Erosion erheblich grössere Beträge erreicht haben, da der aus Nordosten vorstossende Gletscher "frontal" auf den Blauen traf.

Mit der Tieferlegung der Erosionsbasis im Tösstal bekamen die Seitenbäche neue Erosionskraft und begannen sich in die weichen Molassegesteine einzutiefen. Das grösste und beeindruckendste Tobel ist das Ober Tobel westlich von Neftenbach (vgl. Kap. B. 2.1.).

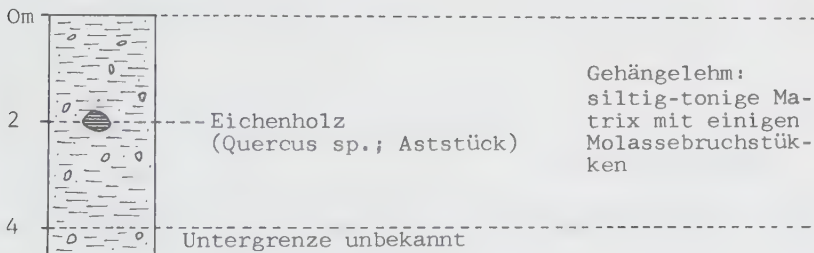
Wie erwähnt, kommt es an den Steilhängen dauernd zu Rutschungen. Einen Hinweis auf die Beträge dieser Umlagerungsmechanismen lieferte ein Holzfund im Gehängelehm bei Dättlikon.

#### Aufschlussverhältnisse

Fig. 34: PROFIL AUS DEM GEHÄNGELEHM BEI DAETTLIKON

(Koord: 688'950/264'600, 440)

Oberflächengefälle: 25%, im oberen Hangabschnitt 50%  
Exposition : SSW



#### Ergebnis

Die 14C-Datierung ergab für das Eichenstück ein Alter von 2100±80 y BP (Labornummer: UZ - 181).

#### Interpretation

Für die Bildung der oberen 2m mächtigen Gehängelehmmablagerungen standen max. rund 2000 Jahre zur Verfügung. Da am Aufschluss keine Schichtung und Zonierung des Gehängelehms zu erkennen waren, ist dieser entweder rasch während einer Rutschung entstanden oder aber - was allerdings unwahrscheinlicher ist - über die Jahrhunderte hinweg sedimentiert worden.

## E. ZUSAMMENFASSUNG DER WICHTIGSTEN ERGEBNISSE

Die in Kiesgruben aufgeschlossenen Sedimente des Embracher-Schotterfeldes können gegliedert werden. Eine bislang in der Literatur nicht erwähnte, hochliegende Grundmoräne (basal melt-out till) mit einer "fluted surface" wird beschrieben. Weiter konnten zwei Schotterkörper und eine während katastrophaler Schmelzwasserausbrüchen gebildete Groblage beobachtet werden.

Fazies und Verbreitung der Grundmoräne belegen einen maximalen (vermutlich letzteiszeitlichen) Vorstoss des Rhein-Thur-Gletschers bis in den Raum Embrach.

Nach einem Abschmelzen des Eises mindestens bis östlich Pfungen stiess derselbe Gletscherlappen erneut vor. Dieses Mal erreichte er jedoch nur noch den Raum Blindensteg - Kohlschwarze unterhalb Dättlikon. Dieser Vorstoss wird dokumentiert durch: Vorstossschotter, Grundmoräne, Kamesablagerung und Ansammlung von Erratikern westlich Pfungen.

Die Genese der Stelzen-Terrasse im untersten Tösstal wird diskutiert. Deren Schüttung von Nordosten her ist möglich, aber nicht widerspruchsfrei belegt.

Die Schotter am Westabhang des Eschenberges sind durch Schmelzwasser des Rhein-Thur-Gletschers gebildet und von diesem anschliessend überfahren worden.

Die "Pfungener-Schicht" ist wahrscheinlich, die Schotter des Neftenbacher- und Winterthurer-Schotterfeldes sind sicher jünger als der Vorstoss bis Blindensteg - Kohlschwarze.

In einer Folge von sechs Karten wird als Resultat der genetischen Interpretationen die Ausdehnung des letzteiszeitlichen Gletschers zu verschiedenen Zeiten dargestellt (Fig. 24 bis 29).

Im Neftenbacher-Schotterfeld können zwei holozäne Schotterumlagerungsphasen belegt und datiert werden (um 4000 und 2300 BP). Sie sind mit den Phasen verstärkter Flussaktivität im Donau-, Main- und Oberrheingebiet in etwa korrelierbar.

Im Tösstal wurden im Postglazial "Erosions"-Terrassen gebildet. Unterhalb Pfungen kann das Maximalalter des oberen Teils eines Schwemmfächers, der auf dem heutigen Talboden liegt, mit ca. 3300y BP angegeben werden.

Einen Anhaltspunkt für die Geschwindigkeit der Gehängelehmbildung liefert das Maximalalter (2100y BP) einer solchen von 2m Mächtigkeit bei Dättlikon.

F. ANHANG

1. Literaturverzeichnis

- ANDRESEN, H. (1964): Beiträge zur Geomorphologie des östlichen Hörnliberglandes - Diss. Univ. ZH
- ARIO, R. (1977): Classification and Terminology of morainic Landforms in Finland - Boreas Vol. 6 Nr. 2, p. 87-100, Oslo
- BACHMANN, F. (1966): Fossile Strukturböden und Eiskeile auf jungpleistozänen Schotterflächen im nordwestschweizerischen Mittelland - Diss. Univ. ZH
- BATSCHLET, E. (1965): Statistical Methods for the Analysis of Problems in Animal Orientation and certain Biological Rhythms - American Inst. of Biol. Sciences, Washington DC
- BECKER, B. (1975): Dendrochronological Observations on the postglacial River Aggradation in the southern Part of Central Europe - Bulletin of Geology, Warszawa, 1975
- BECKER, B. (1976): Holocene Tree-Ring Series (oak) from Southern Central Europe for archeologic Dating, Radiocarbon Calibration and stable Isotop Analysis - Proc. 9. Intern. Radiocarbon Conference, Los Angeles u. La Jolla, 1976
- BECKER, B. (1976): Zeitstellung und Entstehung postglazialer Baumstammlagen in Fluss-Schottern im Bereich des Iller-Schwemmkegels und des Donautales östlich von Ulm - IGCP-Führer, Hohenheim, 1976
- BENDEL, L. (1923): Geologie und Hydrologie des Irchels - Diss. Univ. ZH
- BLOESCH, E. (1911): Die grosse Eiszeit in der Nordschweiz - Beitr. geol. Karte Schweiz, neue Folge 31/2
- BOESCH, H. (1957): Bemerkungen zum Terrassenbegriff - Tijdschrift Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap 74/3
- BOESCH, H. (1969): Spät- und postglaziale Entwicklung im zürcherischen Rheintal. Uebersicht über neuere Untersuchungen - Geogr. Helv., 24/3, p. 108-110
- BRINER, Kiesgrube Pfungen (1969): Bohrprofil Bohrung B1 - Manus.

- BRUNNER, P. (1948): Geomorphologische Karte von Winterthur und Umgebung - S.A. Vjschr. d. Naturf. Ges. in ZH, Bd. 93
- BUECHI, U.P. (1958): Zur Geologie der OSM zwischen Töss- und Glattal - Ecl. geol. Helv., 51/1, p. 73-106
- BUEDEL, J. (1950): Das System der klimatischen Morphologie - Landshut
- CAILLEUX, A. (1952): Morphoskopische Analyse der Geschiebe und Sandkörner und ihre Bedeutung für die Paläoklimatologie - Geol. Rundschau, Bd. 40, H. 1
- CONOVER, W.J. (1971): Practical nonparametric statistics - John Wiley & Sons, N.Y.
- DREIMANIS, A. (1976): Till: Their Origin and Properties - Glacial Till, Special Publication Nr. 12 of the Royal Society of Canada, p. 11-49
- EBERS, E. (1937): Zur Entstehung der Drumlins als Stromlinienkörper - S.A. aus d. neuen Jb. f. Mineralogie Bd. 78
- ELLENBERG, L. (1972): Zur Morphogenese der Rhein- und Tössregion im nordwestlichen Kt. ZH - Diss. Univ. ZH
- FREI, R. (1912): Zur Kenntnis des ostschweizerischen Deckenschotter - Ecl. geol. Helv., 11/6
- FREI, R. (1912): Ausbreitung der Diluvialgletscher in der Schweiz - S.A. Beitr. zur geol. Karte der Schweiz, neue Folge, Lief. 41/2
- FRUEH, J. (1896): Die Drumlinlandschaft, mit spezieller Berücksichtigung des alpinen Vorlandes - Separatdruck aus dem Jahresbericht d. St. Gallischen Naturw. Ges., 1894/95, p. 37-38
- FURRER, G. (1955): Frostbodenformen in ehemals nicht vergletscherten Gebieten der CH - Geogr. Helv., 10/3, p. 129-132
- FURRER, G. und BACHMANN, F. (1968): Die Situmetrie (Einregelmessung) als geomorphologische Untersuchungsmethode - Geogr. Helv., 23/1, p. 1-14
- GEIGER, E. (1930): Die Zusammensetzung thurgauischer Schotter - S.A. Mitt. d. Thurg. Natf. Ges., H. 28

- GEIGER, E. (1948): Untersuchungen über den Geröllbestand im Rheingletschergebiet - S.A. Schweiz. Mineralog. und Petrogr. Mitt., Bd. 27, H. 1
- GEIGER, E. (1961): Der Geröllbestand des Rheingletschers im allgemeinen und im besonderen um Winterthur - Mitt. d. Naturw. Ges. Winterthur, H. 30
- GERMAN, R. (1971): Gibt es Grundmoränenlandschaften im Umkreis der Alpen? - Regio Basiliensis, XII/2, p. 362-376
- GRAUL, H. (1962): Geomorphologische Studien zum Jungquartär des nördlichen Alpenvorlandes, Teil 1: Das Schweizer Mittelland - Heidelberger Geographische Arbeiten, Heidelberg/München
- GUBLER, E. (1976): Beitrag des Landesnivellements zur Bestimmung vertikaler Krustenbewegungen in der Gotthard-Region - Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 56, p. 675-678
- HAEFELI, R. (1968): Gedanken zum Problem der glazialen Erosion - Felsmechanik und Ingenieurgeologie, Suppl. IV, p. 31-51
- HALDIMANN, P.A. (1978a): Quartärgeologische Entwicklung des mittleren Glattals (Kt. Zürich) - Ecl. geol. Helv., 71/2, p. 347-355
- HALDIMANN, P.A. (1978): Hydrogeologische Untersuchungen zwischen Dättlikon und Freienstein - Büro Dr. H. Jäckli, Manus.
- HANTKE, R. (1958): Die Gletscherstände des Reuss- und Linthsystems zur ausgehenden Würmeiszeit - Ecl. geol. Helv., 51/1, p. 119-150
- HANTKE, R. (1960): Zur Gliederung des Jungpleistozäns im Grenzbereich von Linth- und Rheinsystem - Geogr. Helv., 15/4, p. 239-248
- HANTKE, R. (1978): Eiszeitalter, Bd. 1: Die jüngste Erdgeschichte der Schweiz und ihrer Nachbargebiete - Ott Verlag AG Thun
- HEIM, A. (1919): Geologie der Schweiz, Bd. 1: Molasseland und Juragebirge - Leipzig
- HESS, E. (1934): Molasseaufschlüsse bei Winterthur - Mitt. d. Naturw. Ges. Winterthur, H. 20, p. 109-128

- HESS, E. (1944): Geologische Beobachtungen in Winterthur - Mitt. d. Naturw. Ges. Winterthur, H. 24, p. 113-128
- HESS, E. (1956): Geologische Beobachtungen in Winterthur - Mitt. d. Naturw. Ges. Winterthur, H. 28, p. 75-90
- HESS, E. und TRUEEB, E. (1959): Zur Entwicklung der Winterthurer Wasserversorgung - Mitt. d. Naturw. Ges. Winterthur, H. 29, p. 3-50
- HOFMANN, F. (1970): Die geologische Entwicklung des Gebietes zwischen Hörnli und Rheinfall - Mitt. d. Naturw. Ges. Winterthur, H. 33, p. 23-47
- HUG, J. (1907): Die letzte Eiszeit im nördlichen Teil des Kantons Zürich und den angrenzenden Gebieten - Bern
- HUG, J. (1909): Die Zweiteilung der Niederterrassen im Rheintal zwischen Schaffhausen und Basel - Zeitschrift für Gletscherkunde, Bd. 3
- HUG, J. und BEILICK, A. (1934): Die Grundwasserverhältnisse des Kantons Zürich - Beitr. Geol. d. Schweiz, geotechn. Serie, Hydrologie, Lfg. 1 - Zürich
- JAECKLI, H. (1958): Die geologischen Verhältnisse bei Andelfingen. Fundationsprobleme im glazial vorbelasteten und eistektonisch stark gestörten Baugrund - Mitt. Geol. Inst. ETH und Univ. Zürich, Serie C/72
- JAECKLI, H. (1967): Geolog.-hydrolog. Untersuchungen; Grundwasserverhältnisse und Möglichkeiten der Kiesgewinnung im Gebiet Riet - Neftenbach - Pfungen / ZH - Manus.
- JAECKLI, H. (1962): Die Vergletscherung der Schweiz im Würmaximum - Ec1. geol. Helv., 55/2, p. 285-294
- JAECKLI, H. (1974): Geologisches Gutachten, die HLS 1570 Winterthur - Weiach (Abschnitt Embrach - Winterthur) betreffend - Manus.
- JAECKLI, H. (1978): Hydrogeologisches Gutachten über das Gebiet des Embracher Schotterfeldes - Manus.

- JUNG, G.P. (1969): Beiträge zur Morphogenese des Zürcher Oberlandes im Spät- und Postglazial. Mit besonderer Berücksichtigung des Greifen- und Pfäffikersees - Vjschr. Naturf. Ges. Zürich, 114/3, p. 293-406
- KAESER, U. (1975): Glazialmorphologische Untersuchungen zwischen Töss und Thur - unveröffentlichte Diplomarbeit, Geographisches Institut Univ. ZH
- KAISER, F. (1972): Beiträge zur Morphologie des Dättnauertales - Diplomarbeit Geogr. Inst. Univ. ZH
- KAISER, F. (1972): Ein eiszeitlicher Wald im Dättnau - Mitt. d. Naturw. Ges. Winterthur, H. 34, p. 25-31
- KAISER, N.F.J. (1979): Ein späteiszeitlicher Wald im Dättnau bei Winterthur/Schweiz - Dissertation Universität Zürich
- KELLER, O. (1973): Untersuchungen zur Glazialmorphologie des Neckertales (Nordostschweizer Voralpen) - Dissertation Universität Zürich
- KELLER, O. und KRAYSS, E. (1979): Die letzte Vorlandvereisung W/S (Würm/Stein a. Rhein) in der Nordostschweiz und im Bodenseeraum - Manus. und Kartenentwurf
- KELLER, W.A. (1974): Glazialmorphologische Untersuchungen im Rhein - Thur - Gebiet - Diplomarbeit Geogr. Inst. Univ. ZH
- KELLER, W.A. (1977): Die Rafzerfeldschotter und ihre Bedeutung für die Morphogenese des zürcherischen Hochrheingebietes - Diss. Univ. ZH
- LEEMANN, A. (1958): Revision der Würmterrassen im Rheintal zwischen Diessenhofen und Koblenz - Geogr. Helv., 13/2, p. 89-173
- LEEMANN, A. und ELLENBERG, L. (1973): Die Würmschotter im Hochrheinabschnitt von Lottstetten bis Koblenz - Geogr. Helv., 28/2, p. 41-47
- LESER, H. (1968): Das geographische Seminar: Geomorphologie II - Braunschweig
- LOZEK, V. (1965): Das Problem der Lössbildung und die Lössmolusken - Eiszeit und Gegenwart, Bd. 16

- LUGEON, M. (1907): Beiträge zur Geologie der Schweiz, geotechn. Serie, 4. Lfg., Tonlager der Schweiz I. Teil - Geolog. Kommission d. CH Naturf. Ges.
- LOUIS, H. (1961): Lehrbuch der allgemeinen Geographie, Bd. 1: Allgemeine Geomorphologie - Berlin
- PANZER, W. (1970): Das geographische Seminar: Geomorphologie - Braunschweig
- PENCK, A. und BRUECKNER, E. (1909): Die Alpen im Eiszeitalter - Tauchnitz, Leipzig
- SCHIESSER, F. (1953): Die Hochwasser vom 26. Juni 1953 in der Umgebung Winterthurs - Mitt. d. Naturw. Ges. Winterthur, H. 27, p. 91-96
- SCHINDLER, C. (1968): Zur Quartärgeologie zwischen dem Untersten Zürichsee und Baden - Ecl. geol. Helv., 61/2, p. 359-433
- SCHINDLER, C. (1978): Glaziale Stauchungen in den Niederterrassen-Schottern des Aadorfer Feldes und ihre Deutung - Ecl. geol. Helv., 71/1, p. 159-174
- SCHLUECHTER, Ch. (1976): Geologische Untersuchungen im Quartär des Aaretals südlich von Bern - Diss. Univ. Bern
- SCHLUECHTER, Ch. und WELTEN, M. (1976): Schematische Zusammenfassung der klima-/litho-/chronostratigraphischen Untersuchungsergebnisse der Arbeiten Welten u. Schlüchter - in: Führer zur Exkursionstagung des IGCP-Projektes 73/1/24, herausgegeben von Burkhard Frenzel, Deutsche Forschungsgemeinschaft, Bonn-Bad Godesberg 1978
- SCHLUECHTER, Ch. (1977): Genetic and depositional Relationships between outwash Deposits of proglacial Origin and Basal Till - Volume of Abstracts, X INQUA-Congress, Birmingham, 1977, p. 404
- SCHLUECHTER, Ch. (1978): Glacial and glaciofluvial Accumulations between Berne and Lake Thoun - Guidebook for the Excursion, INQUA-Symposium Zurich, 1978, p. 92-112
- SHAW, J. (1975): The Formation of Glacial Flutings - Quaternary Studies, Royal Society of New Zealand, Wellington 1975, p. 253-258

- SHAW, J. (1977): Till Body Morphology and Structure related to Glacier Flow - Boreas 6/2, p. 189-201, Oslo
- SOMMERHALDER, E.R. (1968): Glazialmorphologische Detailuntersuchungen im hochwürm-eiszeitlich vergletscherten unteren Glattal (Kanton Zürich) - Diss. Univ. ZH
- STEFFEN, M. und TRUEEB, E. (1964): Quartärgeologie und Hydrologie des Winterthurer Tales - Mitt. d. Naturw. Ges. Winterthur, H. 31
- STEINER, D. (1953): Die Waldgeschichte des oberen Tösstales - Mitt. d. Naturw. Ges. Winterthur, H. 27, p. 2-89
- STYGER, G. (1974): Geologisches Gutachten, die Verlegung der SBB-Linie Winterthur - Hettlingen betreffend - Manus.
- TAGES ANZEIGER (1976): Die katastrophalen Hochwasser im Tösstal von 1876 - Ausgabe vom 4.11.76
- UTTINGER, H. (1965): Klimatologie d. Schweiz, E: Niederschlag, Teil 4 - Beiheft zu den Annalen d. Schweiz. Meteorolog. Zentralanstalt, Jg. 1965
- WALSER, H. (1896): Veränderungen der Erdoberfläche im Umkreis des Kantons Zürich seit der Mitte des 17. Jh. - Diss. Univ. Zürich
- WEBER, A. (1928): Die Glazialgeologie des Tösstales und ihre Beziehung zur Diluvialgeschichte der Nordschweiz - Mitt. d. Naturw. Ges. Winterthur, H. 17/18
- WEBER, J. (1906): Geologische Untersuchungen der Umgebung von Winterthur - Mitt. d. Naturw. Ges. Winterthur, H. 6, p. 228-245
- WEBER, J. (1908): Geologische Untersuchungen der Umgebung von Winterthur, II. Teil - Mitt. d. Naturw. Ges. Winterthur, H. 7, p. 43-63
- WEBER, J. (1912): Gletschergrundgeschiebe und Gletscherschliffflächen an der Zelglistrasse in Winterthur - Mitt. d. Naturw. Ges. Winterthur, H. 9, p. 136-139
- WEBER, J. (1918): Zur Geologie und Bergbaukunde des Tösstales - Mitt. d. Naturw. Ges. Winterthur, H. 12, p. 153-177

WEBER, J. (1924): Erläuterungen zur Geologischen Karte v. Winterthur und Umgebung, 1:25'000, Geolog. Spez.-Karte 107 - Schweiz. Geol. Komm. und Mitt. d. Naturw. Ges. Winterthur, H. 15

WILHELM, F. (1975): Schnee- und Gletscherkunde - Walter de Gruyter-Verlag, Berlin, New York, p. 362, 366, 367

ZOLLER, H. (1971): Ueberblick der spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte in der Schweiz - Boissiera 19, p. 113-128

## 2. Kartenverzeichnis

BENDEL, L. (1923): Geologische Karte des Irchels, 1:10'000 - Diss. Univ. ZH

BUECHI, U.P. (1958): Tektonische Kartenskizze des linksseitigen Tösstales und des Irchelgebietes, 1:250'000 - Ecl. geol. Helv., 51/1, p. 98

ELLENBERG, L. (1972): Geomorphologische Karte des untersten Tösstales und angrenzender Gebiete, 1:25'000 - Diss. Univ. ZH

GYGER, H.C. (1667): Plan des Kantons Zürich

HANTKE, R. und Mitarbeiter (1967): Geologische Karte des Kantons Zürich und seiner Nachbargebiete, in 2 Blättern, 1:50'000 - Zürich

HOFMANN, F. (1967): Geologischer Atlas der Schweiz, Bl. 1052, Andelfingen, 1:25'000, mit Erläuterungen - CH Geol. Komm.

HUG, J. (1905): Die Drumlinlandschaft der Umgebung von Andelfingen (Kt.ZH), 1:25'000, Beitr. geol. Karte Schweiz, neue Folge 15; Geol. Spez.-Karte 34 - Schweiz. Geol. Komm.

WEBER, A. (1928): Geologische Karte des unteren Töss- und Glatttales zwischen Dättlikon, Bülach und Eglisau, 1:25'000 - Mitt. d. Naturw. Ges. Winterthur, H. 17/18

WEBER, J. (1924): Geologische Karte von Winterthur und Umgebung, 1:25'000, Geol. Spez.-Karte 107, mit Erläuterungen - Schweizerische Geologische Kommission

LANDESKARTE DER SCHWEIZ: 1:25'000, Blätter: 1051 Eglisau, 1052 Andelfingen, 1071 Bülach, 1072 Winterthur; 1:100'000, Blätter: 27 Bözberg, 28 Bodensee



## LEBENS LAUF

Am 20. Oktober 1947 wurde ich, Ulrich Jakob Käser, Bürger von Kleindietwil (Kt. Bern) und Meggen (Kt. Luzern), in Luzern geboren.

In Meggen und Luzern besuchte ich die Primarschule und anschliessend das Lehrerseminar der Stadt Luzern, wo ich 1969 das Primarlehrerdiplom erlangte.

Nach einjähriger Tätigkeit als Lehrer begann ich 1970 mein Geographiestudium an der Universität Zürich. An Nebenfächern belegte ich:

- Mathematik und Propädeutische Geographie (1. Vordiplom),
- Geologie und Petrographie (2. Vordiplom),
- Zoologie (zusammen mit Geographie in der Schlussprüfung).

Das Grundstudium schloss ich 1975 mit dem Diplom der Philosophischen Fakultät II der Universität Zürich ab.

Während und nach meiner Studienzeit unterrichtete ich an verschiedenen Schulen als Hilfslehrer und Vikar.

1976 erlangte ich das Diplom für das Höhere Lehramt.

Seit 1977 bin ich als Hauptlehrer mit halber Lehrverpflichtung am Realgymnasium Rämibühl in Zürich tätig.

In den Jahren 1975 bis 1979 arbeitete ich unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. G. Furrer an der vorliegenden Dissertation.

Im Laufe meines Studiums besuchte ich Vorlesungen, Übungen und Exkursionen bei den folgenden Dozenten:

Bachmann, Bär, Bögli, Boesch, Egli, Elsasser, Fitze, Furrer, Gensler, Gutermann, Guyan, Haefner, Kilchenmann, Kishimoto, Leemann, Schmid, Schüepp, Schweingruber, Steffen (Geographie); Burla, Chen, Hadorn, Hediger, Jungen, Kummer, Kurt, Nievergelt, Tardent, Ziswiler (Zoologie); Gansser, Hantke, Milnes, Trümpy (Geologie); Grünenfelder, Trommsdorff (Petrographie); van der Waerden, Wyler (Mathematik); Cook, Schlittler (Botanik); Faerber, Inhelder, Woodtli (Didaktik).





